MANUALI HOEPLI

U. Bianchi

LA TELEFONIA SENZA FILO

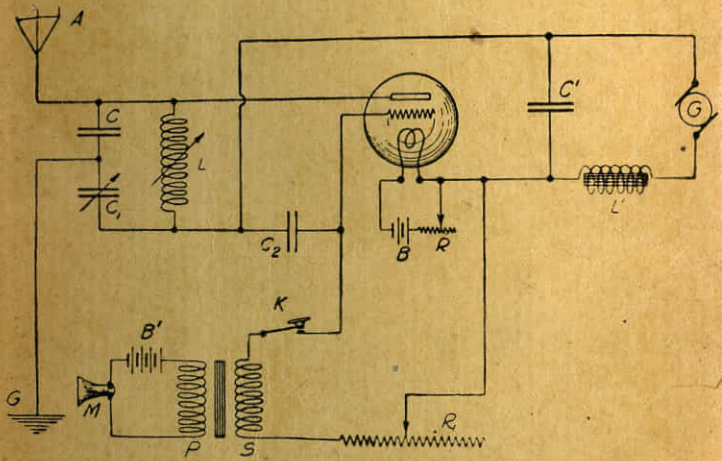
707

L. 10.-

MANUALI HOEPLI

U. BIANCHI

LA TELEFONIA SENZA FILO



MILANO - ULRICO HOEPLI - EDITORE

Loc 136

LA
TELEFONIA SENZA FILO

Dello stesso Autore:

La Radiomeccanica *(dirigibilità di congegni a distanza per mezzo di onde elettriche).* Bologna, 1917. . . . . L. 4,—

Il Selenio e le sue applicazioni. Editore U. Hoepli, Milano, 1918 . . . . . L. 4,—

MANUALI HOEPLI

UMBERTO BIANCHI

LA
TELEFONIA SENZA FILO

CON 194 FIGURE E 6 TAVOLE FUORI TESTO

ULRICO HOEPLI
EDITORE LIBRAIO DELLA REAL CASA
MILANO

1920

PROPRIETÀ LETTERARIA

Milano — Tipografia Umberto Allegretti — Via Orti, 2

NOTA INTRODUTTIVA

La bibliografia radiotelefonica si riduce, in tutto il mondo, ad un libro tedesco del Rhumer edito nel 1907 *e ad un recentissimo volume del Goldschmidt. Niente in Italia, nè in Francia, fin'oggi. La letteratura è scarsa e frammentaria, generalmente americana o tedesca; in Italia — all'infuori dell'*Elettrotecnica *che s'è talvolta occupata del geniale argomento — non v'è traccia, o quasi, di pubblicazioni che riferiscano degli studi compiuti. Le belle monografie del Maiorana sono, ormai, di antica data ed hanno carattere specifico.*

E pensare che da noi non sono mancati — tutt'altro! — gl'inventori e gli studiosi di questo fascinante ramo dell'hertzianesimo! Basti nominare il Maiorana, il Vanni, il Marzi, il Moretti, il Marconi, per non citare che i leaders.

In quest'assenza completa, o quasi, d'informazioni per il pubblico degli studiosi che ha minore possibilità di attingere alle fonti periodiche tedesche od inglesi, la telefonia afila ha prosperato in modo sbalorditivo, battendo nella gara delle distanze la stessa telefonia sui fili e sui cavi, fino a superare l'Atlantico! Ho creduto, pertanto, cosa opportuna e vantaggiosa per molti

compilare questo volumetto senza pretese, ma sufficientemente completo e aggiornato alle notizie più recenti. Ho inteso di scrivere un'operetta di volgarizzazione, senza appesantimenti teorici e senza formule. Essa è destinata all'innumerevole coorte degli elettrologi di professione e di passione, agli operatori radiotelegrafisti, ai sansfilistes *autodidatti ed ai moltissimi del campo tecnico che si dilettano di questo genere di studi. Ma il lavoro può riuscire utile in qualche modo anche agli ingegneri della Radiotelegrafia civile e militare ed agli Insegnanti di Fisica dei Licei ed Istituti Tecnici.*

U. B.

Ravenna, 15 Settembre 1919.

INDICE

Pag.

NOTA INTRODUTTIVA V

CAPITOLO I. — Telefoni, microfoni, amplificatori di suono 1

CAPITOLO II. — L'elettricità fuori dei conduttori — Le onde hertziane — Il meccanismo della propagazione elettromagnetica 21

CAPITOLO III. — Antichi sistemi di telefonia senza filo — Il *selenio* e la luce per la trasmissione della parola 38

CAPITOLO IV. — I varii sistemi per generare onde *durevoli* adatte alla telefonia senza filo. . . . 52

CAPITOLO V. — Il problema fondamentale della radiotelefonia: *modulare* le oscillazioni d'alta frequenza in modo corrispondente alle variazioni della corrente microfonica — Le soluzioni proposte dal 1900 al 1915 117

CAPITOLO VI. — I varii sistemi adatti a *rivelare* le oscillazioni radiotelefoniche ed a riprodurre i suoni e le parole 161

CAPITOLO VII. — Complessi radiotelefonici e relative esperienze 187

Pag.

CAPITOLO VIII. — I *pliotron* nei dispositivi moderni di radiotelefonia 207

CAPITOLO IX. — I recenti progressi e lo stato attuale della telefonia senza filo. 230

CAPITOLO X. — Il *dinatron* e il *pliodinatron* nella radiotelefonia 247

CAPITOLO XI. — Altri sistemi radiotelefonici modernamente applicati 274

CAPITOLO I

Telefoni — Microfoni — Amplificatori di suono.

1. Se ad un nucleo F (vedi fig. 1) mantenuto sotto la permanente influenza di una calamita e sul quale trovasi investito un rocchetto R in circuito con un galvanometro, noi avviciniamo rapidamente una massa di ferro

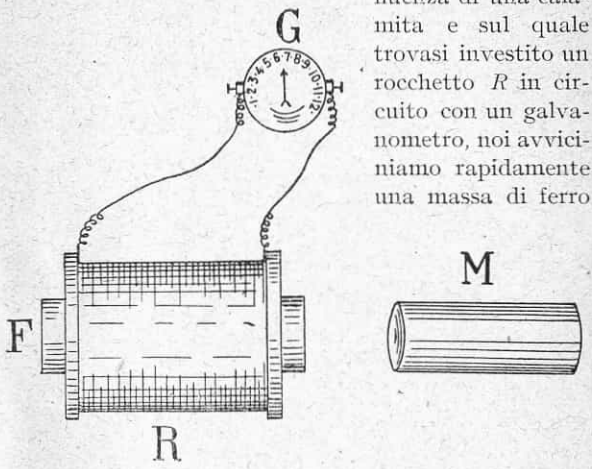


Fig. 1.

M, osserviamo il passaggio nel rocchetto di una piccola corrente segnalata da una leggera deviazione

del galvanometro. Se con altrettanta rapidità allontaniamo dal nucleo la massa di ferro, il galvanometro ci segnala il passaggio nel rocchetto di una seconda corrente *di senso inverso alla prima*.

Il fenomeno è dovuto all'*induzione elettromagnetica*, in virtù della quale, all'avvicinarsi od all'allontanarsi della massa M, varia nel nucleo F la distribuzione del magnetismo e varia il flusso della forza magnetica entro il rocchetto; così avviene che le variabili *linee di forza*, tagliate dai fili di rame, generano in essi la corrente elettrica.

Reciprocamente, se un flusso d'energia elettrica viene lanciato da una sorgente esterna nel rocchetto R, e se il senso della corrente lanciata è tale da produrre nell'interno del rocchetto un campo magnetico *di nome uguale* a quello del nucleo, l'intensità di detto campo viene accresciuta, e la massa M è fortemente attratta. Se invece il senso della corrente è tale da eccitare nel rocchetto un campo magnetico *di nome contrario* a quello del nucleo, l'intensità di detto campo viene diminuita, e la massa M meno fortemente attratta.

Se in luogo di una massa di ferro si fa uso di una *lamina* elastica di forma rotonda tenuta ferma alla sua periferia in modo che la sua parte centrale possa liberamente oscillare davanti al nucleo, la corrente di senso favorevole produce un'*attrazione* verso il nucleo della zona centrale della lamina; la corrente di senso contrario produce — per elasticità — una *repulsione*.

Se molte correnti, alternate rapidamente di senso, si avvicendano nel rocchetto, la lamina *vibra*, e rende

un suono, il quale è più o meno *basso* od *acuto* a seconda che maggiore o minore è la frequenza (rapidità) delle vibrazioni.

Su questi principî è fondato il *telefono*. Questo apparecchio fu presentato per la prima volta nel 1876 dall'americano Alessandro Graham Bell all'Esposizione di Filadelfia, ma la priorità della sua invenzione gli fu disputata da altri inventori e, in tempi recenti, è stata ufficialmente rivendicata dagli eredi del fiorentino Antonio Meucci.

Il telefono Bell è costituito da un cilindro di ebanite *M* (vedi fig. 2), che porta ad una delle sue estremità una scatola ed un *padiglione R* della stessa sostanza atto a ricevere ed a diffondere le onde sonore. Il padiglione, provveduto di un'apertura circolare *F*, è avvitato sulla scatola e le serve di coperchio. All'altra estremità — esteriormente — sono avvitati due serrafili *C D*, cui viene a far capo il circuito esterno. Dentro il cilindro e lungo il suo asse è assicurato per mezzo della vite *E*, regolabile, un bastoncino di acciaio magnetico *N*, che termina in basso (guardando la figura) con sezione alquanto ridotta, di cui l'estremo inferiore è quasi in contatto con una *lamina vibrante* di ferro dolce, incastrata, alla periferia, nel bordo interno del padiglione. Sull'estremo a sezione ridotta del nucleo interno è investito un rocchetto di sottilissimo filo di rame, ricoperto di seta, i cui due capi vanno ad attaccarsi ai serrafili *C D* per mezzo dei fili *z z'*.

Vediamo ora come l'apparato funziona.

Chi parla davanti al padiglione produce, colla vibrazione delle corde vocali, un rapido alternarsi di

Il Antonio Meucci italiano

onde sonore le quali, passando per il foro *F*, investono la lamina.

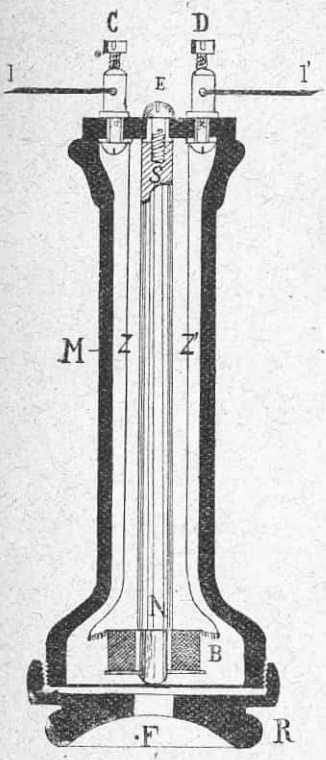


Fig. 2.

Sotto l'impulso delle onde, la lamina vibra. Le vibrazioni della lamina, dovute alla propria elasticità, consistono in *avvicinamenti* ed *allontanamenti* della lamina al nucleo magnetico sul quale è investito il rocchetto.

Ciascun avvicinamento della lamina al nucleo determina nel rocchetto una corrente elettrica di un certo senso.

Ciascun allontanamento determina una corrente elettrica di senso contrario.

Il rocchetto, i fili *Z Z'* e quindi il circuito esterno, saranno, dunque, percorsi da correnti elettriche alternate con rapidissima frequenza di cambiamenti di *senso* e anche d'*intensità* perchè potendo ciascun avvicinamento od allontanamento della lamina — a seconda

dell'intensità dell'onda sonora — essere più o meno ampio e violento, anche i cambiamenti del flusso magnetico e le relative correnti indotte potranno essere d'intensità maggiore o minore. Supponiamo ora di mettere un secondo telefono ad una certa distanza dal primo collegando i quattro serrafili con due conduttori. Nel primo telefono si parla, col secondo si ascolta.

Il primo telefono continua a generare le correnti alternate nel modo che abbiam visto più sopra e queste correnti, propagandosi lungo i due fili, arrivano al secondo telefono avvicinato all'orecchio di chi ascolta.

Le correnti in arrivo giungono ai serrafili e per mezzo dei fili *Z Z'* entrano nel rocchetto.

Supponiamo che la prima corrente in arrivo sia di senso *favorevole* al campo magnetico del nucleo: in questo caso il flusso magnetico viene *rinforzato* e la lamina vibrante subisce un'*attrazione*.

La seconda corrente è di senso *contrario*. Il flusso magnetico s'indebolisce e la zona centrale della lamina, per elasticità, subisce una *ripulsione*.

Ed ecco che altre correnti, alternate di senso, si avvicendano nel rocchetto rapidissimamente. Ed ecco avvicendarsi nel rocchetto, con uguale rapidità, flussi di forza opposti e con essi avvicendarsi, con regolare sincronismo, le attrazioni della lamina e le repulsioni. La lamina del telefono ricevitore *ripete* tutte le attrazioni e tutte le repulsioni della lamina vibrante del telefono trasmettitore. Le ripete, con esattezza di *senso* e con rigore d'*intensità*, si può dire *nello stesso momento*, giacchè, essendo la velocità della

propagazione elettrica, nei fili, di 300.000 chilometri al m'', il tempo che occorre alla corrente per passare da un telefono all'altro è inapprezzabile.

La esatta, sincronica, precisa ripetizione delle vibrazioni nelle due lamine fa sì che esse rendano *suoni eguali*, e cioè che la lamina del telefono ricevitore *ripeta esattamente* i suoni prodotti nella lamina del telefono trasmettitore dalla voce di chi parla.

L'unica differenza che si riscontra al telefono ricevitore è la minore intensità dei suoni ed anche una certa loro deformazione. Ciò è dovuto a varie cause:

a) La maggior parte delle onde sonore provocate dall'organo vocale di chi parla davanti al telefono trasmettitore se ne va dispersa per l'aria ambiente e solo una piccola parte delle onde stesse entra nel padiglione e si rende attiva.

b) Anche dal telefono ricevitore una parte dei suoni riprodotti si disperde nell'aria ambiente e solo una frazione dei medesimi penetra nell'orecchio dell'ascoltatore.

c) Si ha tutta una successione di *perdite d'energia* nelle successive trasformazioni che l'energia stessa subisce da meccanica in elettrica, e viceversa, entro i telefoni; ed altre perdite si hanno per la resistenza dei fili sulla linea di collegamento.

Il danno prodotto da queste successive trasformazioni è tanto più evidente se si riflette alla piccolissima intensità (qualche millesimo di micro-ampère) che hanno le correnti telefoniche così ottenute.

Da quanto precede si deduce che il telefono, usato come apparato trasmittente, deve necessariamente dare un rendimento assai piccolo, e il suono deve risultare molto indebolito.

Per questo motivo il telefono viene oggidì usato esclusivamente come apparecchio ricevente, e prende più propriamente il nome di *ricevitore*, mentre, come trasmettitore, si adopera un altro apparecchio, detto *microfono*, di cui parleremo più oltre.

Prima però, e per la migliore comprensione dei fenomeni, vogliamo rendere qualche nozione di acustica. È risaputo che il suono è prodotto dalle vibrazioni dell'aria, le quali si propagano colla velocità di circa 340 m. al m″.

Nel suono debbonsi distinguere tre caratteri: l'*altezza*, l'*intensità* e il *timbro*. Poichè le leggi di propagazione del suono sono identiche a quelle — notissime — di tutte le *ondulazioni*, ci limiteremo a dire che l'*altezza* dipende dal *periodo* della ondulazione; l'*intensità* dall'*ampiezza* dell'onda e il timbro dall'influenza che le *armoniche* di ogni vibrazione sonora hanno sulla composizione definitiva del suono stesso.

La fisica dimostra che le oscillazioni o vibrazioni sonore sono *isocrone*, hanno, cioè, tutte quante la stessa durata, precisamente nell'identico modo che si riscontra nel pendolo. Il *periodo* è il *tempo* (durata) di ciascuna onda.

Nelle moderne costruzioni il telefono Bell fu poco modificato. Più che altro le modificazioni furono *di forma*. Anzichè un sol nucleo a forma cilindrica se ne adottarono due, con due rocchetti, influenzando i due nuclei con un magnete piegato ad U. I nuclei, anzichè di un sol pezzo, si costruirono con fascetti di fili di ferro, allo scopo di diminuire i dannosi effetti dell'*isteresi magnetica*.

Per l'avvolgimento dei rocchetti si ricorse a filo

di sottilissimo diametro essendo la *forza magneto-motrice* dei telefoni, e di conseguenza la loro sensibi-

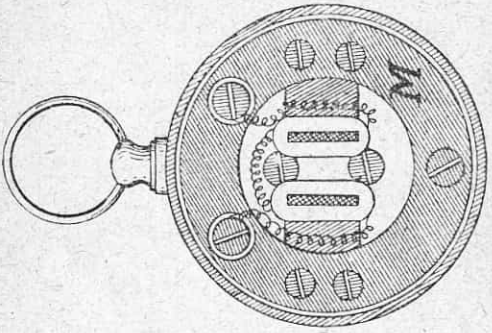


Fig. 4.

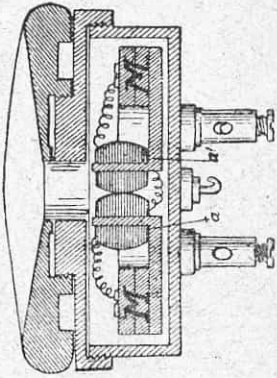


Fig. 3.

lità, proporzionale al numero delle *ampères-spire* e cioè al numero delle spirali di filo di rame molti-

plicato per il numero dei *milliampères* della corrente che lo attraversa. La *resistenza* interna di un buon telefono moderno raggiunge e sorpassa i 2000 ohms.

Le figure 3 e 4 mostrano la realizzazione precisa di un moderno ricevitore ad orologio, in cui *M* è il magnete ed *a a'* sono gli estremi del sottilissimo filo.

2. Da parecchi anni il telefono è usato soltanto come apparecchio ricevitore. Per la trasmissione gli si sostituisce il *microfono*, assai più potente, inventato da Hughes nel 1871. Il microfono permette di lanciare sulla linea e di far giungere al telefono ricevitore correnti derivate da una pila, molto più intense delle deboli correnti di induzione generate dal telefono trasmettitore.

L'antico microfono di Hughes constava di una lamina, o di un cilindro di carbone *D* (fig. 5), imperniato tra due mensolette pure di carbone incastrate in una tavola di legno. Le due mensolette erano inserite nel circuito di una o due pile *E* e di un ordinario telefono *T* con o senza l'intermediario di un rocchettino d'induzione *PS*.

Parlando davanti alla lamina, le onde sonore la facevano vibrare. Gli impercettibili movimenti della lamina comunicandosi, in parte, alle due mensolette di sostegno, erano sufficienti per rendere alternativamente più o meno intimo il contatto tra il carbone della lamina e quello delle mensole. Le modificazioni del contatto corrispondevano a proporzionali modificazioni della *resistenza elettrica* degli stessi contatti, e di tutto il circuito. L'intensità della corrente della pila veniva, quindi, ad essere continuamente variata

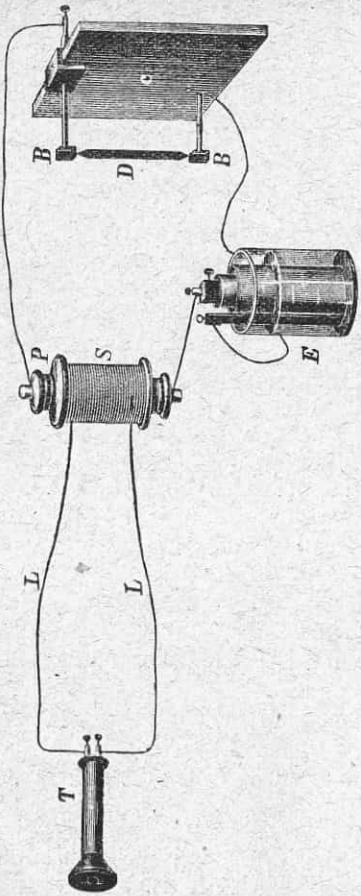


Fig. 5.

per modo che al rocchetto del telefono ricevitore giungevano correnti rapidamente e continuamente variabili: alle correnti di maggiore intensità corrispondevano altrettante *attrazioni* della lamina vibrante; all'arrivo delle correnti più deboli l'elasticità della lamina reagiva in modo da produrre delle *repulsioni*.

È chiaro che in tal guisa il microfono di Hughes poteva egregiamente sostituirsi al telefono di Bell nel produrre correnti variabili destinate a provocare, nel ricevitore, vibrazioni della lamina uguali alle vibrazioni della lastra di carbone, ed atte quindi a riprodurre i suoni.

L'apparecchio di Hughes era tanto perfetto e sensibile che l'orecchio dell'ascoltatore posto a notevole distanza poteva benissimo percepire i battiti di un orologio posato sulla base di legno del microfono. Successivamente l'invenzione del fisico americano venne modificata e perfezionata.

Il microfono venne racchiuso in una scatola metallica o di ebanite con padiglione *A* per la maggior raccolta delle onde sonore. Il carbone vibrante venne ridotto a lamina *B* molto sottile e libera di oscillare colla sua zona centrale davanti ad una cameretta di carbone contenente granuli o pezzetti o pulviscolo pure di carbone, in modo che le modificazioni del contatto e della resistenza elettrica si verificassero tra la lamina e i granuli e tra questi e la cameretta. Anche la maggiore o minore *compressione* reciproca tra i granuli o il pulviscolo coopera ad ottenere un regime variabile di contatti e di resistenze.

Per gli impianti a lunga distanza si ricorre altresì all'impiego di una *bobina di trasformazione T*, la

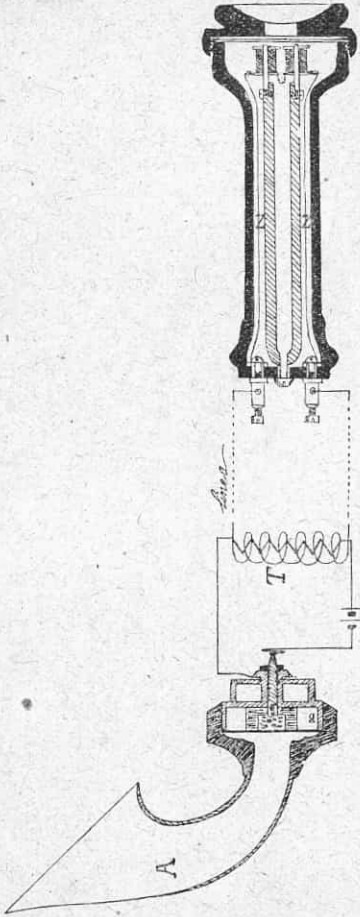


Fig. 6.

quale è costituita da un rocchetto di legno con nucleo interno di ferro dolce: sul rocchetto vengono distesi due avvolgimenti di filo di rame ricoperto di seta. Il primo avvolgimento, che si trova più vicino al nucleo, è fatto con uno o due strati di filo piuttosto grosso; il secondo avvolgimento, che si trova sul primo, è fatto con cinque o sei strati di filo molto sottile. L'avvolgimento del filo grosso è detto *primario;* quello del filo fine è detto *secondario.* La bobina è inserita in circuito nel modo indicato dalla fig. 6, col primario collegato al microfono e alla pila e il secondario ai due fili di linea, se la linea è *bimetallica* (a doppio conduttore) oppure un capo alla linea e l'altro alla *terra* se la linea è *mista* (ad un sol conduttore). Scopo della bobina è quello di elevare il potenziale delle correnti di trasmissione permettendo loro di vincere sulla linea maggiori distanze. Il *primario* riceve dalla pila le correnti *pulsanti* (tutte di ugual senso e variabili solo in *intensità*) modulate dal microfono, correnti di qualche *milliampères* e di due o tre *volts.* Per gli effetti dell'induzione elettromagnetica il primario induce sul secondario correnti *alternate* (di *senso* continuamente variabile) la cui intensità in *milliampères* è molto diminuita, ma il cui potenziale, in *volts*, è grandemente aumentato. E poichè è risaputo che a vincere la *resistenza* delle linee è necessario, sopratutto, un adeguato *voltaggio*, così è chiaro che il rocchetto trasformatore esercita una benefica influenza per francare le distanze.

La fig. 7 mostra lo schema più semplice di una comunicazione completa tra due stazioni.

Fig. 7.

In ciascuna di esse M è il microfono trasmettitore, E la pila che fornisce la corrente al microfono, s il primario del rocchetto d'induzione, il cui secondario R è in comunicazione colla *linea* attraverso il telefono ricevitore T. In luogo di una doppia linea, uno dei fili può essere sostituito con due *prese di terra*.

In radiotelefonia sono adoperate generalmente, per la ricezione, telefoni *a coppia*, adattabili sulla testa del radiotelefonista in modo da consentirgli libertà di movimenti ad entrambe le mani. Le cuffie sono ad un solo (fig. 8) od a doppio (fig. 9) ricevitore e i due ricevitori possono essere uniti fra loro *in serie* od in quantità; naturalmente nelle coppie

a doppio ricevitore la quantità di corrente ricevuta viene ripartita fra i due telefoni e i suoni di ciascuno ne risultano attenuati; in compenso, però, i suoni arrivano ad entrambe le orecchie.

3. In molti casi i suoni in arrivo alle stazioni sono molto deboli; comunque l'obbligo di tenere una cuffia

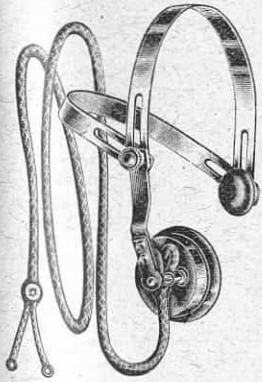


Fig. 8.

Fig. 9.

alle orecchie importa sempre un incomodo. Si è pensato, perciò, ai mezzi di « amplificare » il suono con adatti *rinforzatori* del medesimo, ed all'uopo vennero proposti innumerevoli dispositivi. Uno dei primi fra essi è quello che consiste nell'accoppiare al telefono ricevitore un microfono, in modo che le vibrazioni della lamina del telefono, comunicandosi meccanicamente al microfono, chiudano, pel tramite di esso, il circuito di una pila locale che agisce sopra un se-

condo telefono amplificatore. Poi si è subito pensato che se questa disposizione permette un debole rinforzamento dei suoni, un'altra che comprendesse non più una sola coppia telefono-microfono ma parecchie di esse in serie, l'amplificazione sarebbe stata maggiore. E si è provveduto in conseguenza ad un montaggio *in cascata* secondo lo schema della fig. 10, in cui T^1 è il telefono ricevitore dell'apparato radiotelefonico in coniugazione meccanica diretta con un microfono; T^2 e T^3 sono i telefoni secondari e ter-

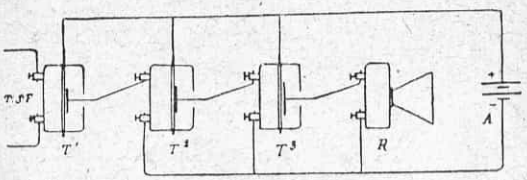


Fig. 10.

ziari della cascata ugualmente coniugati a microfoni; A è una batteria di quattro piccoli accumulatori ed R è il telefono ricevitore definitivo che chiameremo «altisonante».

La resistenza di T^1 è quella resa necessaria dal buon andamento del complesso radiotelefonico mentre le resistenze di T^1 e T^2 sono molto più piccole a seconda del tipo di microfoni che si utilizzano, i quali ultimi debbono scegliersi di fattura squisitamente sensibile e delicata, essendochè i suoni da amplificare sono spesso assai deboli e talvolta quasi dell'ordine dei movimenti molecolari.

Una realizzazione pratica di questo tipo è quella della Casa Ducretet e Roger di Parigi, nella quale due coppie primarie R_1 R_2 (fig. 11) trasmettono i suoni a due coppie secondarie M_1 ed M_2, che servendosi della pila P rimbalzano i suoni rinforzati al telefono altisonante R_3, da cui si propagano nell'aria ambiente per mezzo della campana di risonanza A.

I è un interruttore che serve ad escludere le pile;

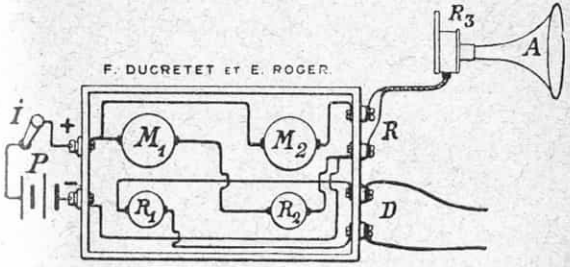


Fig. 11.

D è la coppia di serrafili cui si collega l'oscillatore radiotelefonico.

Le coppie costituiscono un tutto ermeticamente chiuso, inadatto a raccogliere le vibrazioni esteriori, e posseggono una grande *sensibilità di contatto* regolabile a mezzo di viti micrometriche.

Molti altri tentativi sono stati fatti per risolvere, con altri mezzi, il problema dell'*altisonanza*. Citiamo fra tutti quello del signor F. Magni consistente nel far giungere le correnti radiotelegrafiche o radiotelefoniche al circuito indipendente di una dinamo co-

struita in forma speciale. Essa importava quattro bobine eccitatrici contenenti cadauna circa 25000 spire di filo di $^2/_{10}$ di mm. e un indotto, pure a filo fine ed abbondante, recava un largo collettore a spazzole di rame. Altre quattro piccole bobine a filo grosso ($^{10}/_{10}$) di mm. erano collocate sugl'induttori, alla base delle grandi bobine. Queste piccole bobine, con una pila, una resistenza ed un inversore, servivano a neutralizzare il magnetismo residuo della dinamo.

Lo stesso Magni costrusse anche un apparecchio rinforzatore composto di cinque piccole dinamo in cascata montate su albero comune in prosecuzione dell'albero del motore.

Anche l'Autore di queste note costrusse nel 1916 presso la Scuola Industriale di Alessandria un « monotelefono altisonante selettivo » destinato a rinforzare i suoni e basato sulla doppia sintonia elettrica e meccanica della frequenza propria dell'apparecchio con quella delle vibrazioni in arrivo, oltrechè sul principio delle lamine vibranti a larga superficie.

L'apparecchio era costituito da una stretta e sottile lamina d'acciaio, lunga circa 40 cm. e montata orizzontalmente, di taglio, sopra una cassa di risonanza simile a quella di uno strumento a corda. Da uno dei lati, la lamina era fissata solidamente ad un supporto; dall'altro lato era congiunta ad una vite a passo micrometrico che permetteva di regolare la tensione e di ottenere così il voluto *tono musicale* della lamina vibrante, accordato colla frequenza delle onde in arrivo.

A due terzi della sua lunghezza, la lamina presentava una delle sue faccie ai nuclei di un telefono tipo

Adler, ad alta resistenza, anch'esso montato sopra un supporto e suscettibile di spostamenti micrometrici nel senso di avvicinarlo od allontanarlo dalla lamina. Dalla faccia opposta e lungo il medesimo asse trasversale della cassa armonica, era disposto un microfono senza padiglione, sensibilissimo, esso pure montato sopra un congegno di regolazione micrometrica.

Il telefono era inserito nel circuito dell'oscillatore di ricezione e del secondario di un rocchettino d'induzione il cui primario, servito da una coppia di elementi di pila (con relativo potenziometro) era disposto in serie col microfono.

In adatte condizioni di regolaggio, il complesso funzionava da *rinforzatore di suono* per la reciproca influenza del telefono e del microfono e per la maggiore ampiezza delle vibrazioni sonore ottenute colla lunga lamina; da *sintonizzatore elettromeccanico* perchè la regolazione della tonalità della lamina cooperava colla sintonizzazione dell'oscillatore hertziano accrescendone l'effetto utile; da *selettore* delle ricezioni perchè montando sotto lo stesso ricevitore parecchi dispositivi del genere si poteva ottenere una ricezione *multipla*, con assoluto e perfetto *triage* delle varie oscillazioni in arrivo.

Un'ultima disposizione molto semplice, per quanto empirica, di cui faremo cenno, è quella di cui alla fig. 12, nella quale *A B C D* rappresentano i vari elementi del ricevitore hertziano, *r'* il telefono. Sul padiglione di quest'ultimo è fatto combaciare l'identico padiglione di un microfono sensibile *M* inserito nel circuito di una pila *P* e di un secondo telefono T^2 con

largo padiglione di risonanza che rende i suoni così rinforzati.

Ma tutti questi sistemi — compreso uno più moderno del Marzi, che ebbe già largo uso — hanno

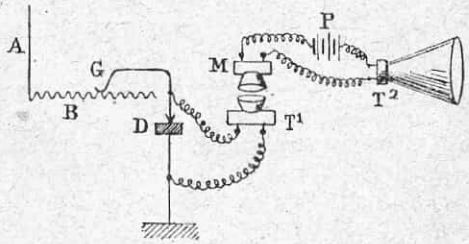


Fig. 12.

ora ceduto il posto davanti a quei mirabili *relais telefonici*, assolutamente privi d'inerzia e grandemente magnificatori, che sono gli *audions* (rivelatori a moto) di cui riferiremo più innanzi.

CAPITOLO II

L'ELETTRICITÀ FUORI DEI CONDUTTORI — LE ONDE HERTZIANE — IL MECCANISMO DELLA PROPAGAZIONE ELETTROMAGNETICA.

4. Alla spiegazione, sia pure volgarizzata, del *Telefono senza fili* non è possibile attendere senza farla precedere da una breve trattazione dei principî sui quali si basa la Radiotelegrafia.

Le menti dei profani d'elettricità sono abituate a considerare ogni fenomeno elettrico come avente il suo *ambiente di propagazione* nei conduttori: non sono forse le nostre città coperte di fitte reti che adducono agli uffici, alle officine ed alle case l'energia per la luce, la forza dei motori, la corrente pei telefoni, pei campanelli, per gli apparecchi di riscaldamento; il fluido che aziona i trams e trasporta i messaggi; che si disperde a terra ed annienta la folgore per le corde metalliche dei parafulmini? Il concetto di « elettricità in azione » è sempre finora apparso inscindibile da quello di « filo conduttore », così come il concetto meccanico di « movimento » è sempre e assolutamente inscindibile da quello di « corpo che si muove », non potendosi affatto concepire il feno-

meno fisico del *moto* come un'astrazione teorica e indipendente dalle masse colle quali il fenomeno si esplica.

Eppure bisognerà poco a poco abituarsi a separare il concetto di « energia elettrica » da quello di « corpo conduttore ». Dal giorno in cui Henry rivelò per il primo la scarica oscillatoria del condensatore, si dischiuse per la scienza un'era nuova nella quale s'incominciò a considerare anche lo spazio attorno ai conduttori come sede di azioni elettriche.

Lord Kelvin ed Hemholtz coi loro studi sulle scariche oscillanti, Maxwell colla sua teoria elettromagnetica della luce, Hertz colla effettiva produzione delle onde elettriche, Righi col suo contributo agli studi di Mawxell ed Hertz; Lodge, Marconi e Braun colle loro scoperte gettarono i grandi fondamenti dell'*Elettricità senza filo.*

Le *onde Hertziane* divennero la base di molteplici applicazioni.

Le *onde Hertziane* sono governate dalle stesse leggi fisiche che governano le onde luminose e i fenomeni della luce. Una lampada in mezzo ad una sala manda i suoi *raggi* (onde luminose) alla rètina di chiunque la guardi in qualunque punto si trovi; una scintilla manda i suoi raggi (onde hertziane od *elettromagnetiche*) in tutti i sensi ed in ogni direzione, e qualunque apparecchio adatto a *sentirle*, posto nel *campo hertziano* — vale a dire nella sfera geometrica il cui *raggio* non superi quello consentito dalla potenza generatrice della macchina della scintilla — ne rivelerà la presenza.

Singolari sono invero le analogie tra onde elettriche

e onde luminose: Maxwell, Hertz e Righi ce le hanno dimostrate e noi le riassumeremo in poche righe.

Onde Hertziane, luminose e calorifere sono suscettibili del fenomeno della *riflessione*, « rimbalzano » cioè quando colpiscano una superficie levigata (specchio).

Analogo è il fenomeno della *rifrazione* attraverso il prisma (deviazione al passaggio da una *massa* di una certa *densità* ad una massa di densità maggiore o minore).

Pure analogo il fenomeno della *diffrazione* (le onde per quanto *rettilinee*, propagandosi alla superficie del suolo, seguono la curvatura della terra).

Lo stesso dicasi per la *interferenza* e per la *polarizzazione*, sui quali fenomeni più complicati sorvoliamo.

Inoltre è accertato che la velocità con cui si propaga l'elettricità è identica a quella della luce (300.000 chilometri al minuto secondo).

L'unica differenza tra le due radiazioni si è nella *opacità* e nella *trasparenza* dei corpi nei confronti rispettivi.

Per la luce, ad esempio, è trasparente il vetro, l'acqua, la mica, i cristalli, ecc.; per l'onda elettrica sono opachi solo i metalli, le masse d'acqua ed in generale tutti i corpi *buoni conduttori* della corrente elettrica, mentre l'onda è capace di attraversare muri e montagne!

Le analogie tra ondulazione luminosa ed ondulazione elettrica fecero dire a Maxwell che « luce ed elettricità non sono che due diversi fenomeni della *stessa causa* », o, per dir meglio, due diverse manifestazioni dello stesso fenomeno: la vibrazione dell'etere.

5. Ciò premesso, vediamo con quali mezzi tecnici si ottengano le *onde Hertziane*. Occorre una sorgente d'energia elettrica (batteria di *pile* o d'accumulatori, o *dinamo* o macchina elettrostatica). Occorre un *trasformatore* di codesta energia (rocchetto Rhumkorff) che ne elevi il *potenziale;* un *condensatore* che accumuli in breve spazio la maggior energia rendendone possibile la « scarica », e uno *spinterometro* (due sfere di rame affacciate a breve distanza) dove possa scoccare la scintilla.

Il *rocchetto* è un apparecchio che riceve dagli accumulatori o dalla dinamo la corrente elettrica necessaria al funzionamento di tutto il complesso. Riteniamo superfluo spiegare la costruzione di questo notissimo apparecchio che in telegrafia e in telefonia senza fili ha la funzione di elevare notevolmente il *potenziale* della corrente elettrica fino al punto di rendere possibile ed intensa la carica e la scarica dei condensatori. Questi ultimi sono generalmente costituiti da *bottiglie di Leyda* riunite in *batterie*, nelle piccole stazioni, o da grossi ed alti tubi di vetro con armature metalliche immerse nell'olio nelle grandi stazioni.

Lo spinterometro è costituito da due grosse sfere di rame separate da un breve spazio d'aria. Invece delle due sfere di rame lo spinterometro può essere costruito in molti altri modi, ma in ogni caso si tratta sempre di due masse di conduttore elettrico (sfere, dischi, lastre, ecc.) affacciate a breve distanza l'una dall'altra. In esse l'energia si condensa e si accumula finchè il *potenziale* non è sufficientemente alto da vincere la resistenza dell'aria interposta tra le sfere.

Allora (ed il tempo per compiere questo ciclo di fenomeni è incomparabilmente breve: frazione di secondo) scocca la scintilla che dà luogo alle *onde*.

Esse sono condotte in alto da un'*antenna* composta da fili di rame che le propaga nello spazio.

Il *tasto* serve a governare il ritmo di queste onde, a produrne delle serie *brevi o lunghe* come i punti e le linee del sistema Morse; a *codificare* insomma il

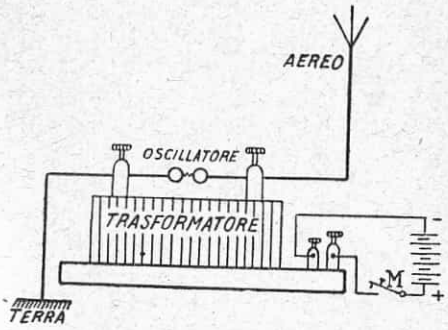


Fig. 13.

regime dei segnali nell'istesso modo di quello usato nella telegrafia ordinaria.

Ecco lo schema (fig. 13) del circuito nell'apparecchio eccitatore delle onde: la corrente parte dal polo positivo (+) degli accumulatori, attraversa il tasto che ne codifica le emissioni, entra nel primario del rocchetto (filo grosso) e torna al polo negativo (—) della batteria.

Nel secondario (filo sottile) del rocchetto si svi-

luppa una corrente di più elevato voltaggio, la quale carica il condensatore e fa scoccare la scintilla che produce le onde. Esse vengono condotte in alto dall'antenna e diffuse nello spazio a grande distanza. Una delle sfere dello spinterometro è mantenuta in collegamento colla terra per ottenere un maggiore dislivello di potenziale elettrico nel punto della scarica ed anche perchè è accertato che il suolo contribuisce a propagare le onde.

Alla stazione ricevitrice, un *aereo* uguale a quello trasmettitore raccoglie le oscillazioni in arrivo sotto forma di debolissime correnti alternate ad elevatissima frequenza, le trasmette al cosiddetto « rivelatore di onde » o cimoscopio.

Vi hanno parecchie varietà di cimoscopi:

a) gli antichi *coherers*, a limatura metallica, quasi completamente in disuso.

b) i *detectors* magnetici, anch'essi ormai quasi del tutto abbandonati.

c) i *detectors elettrolitici*.

d) i *detectors a cristalli*.

e) gli *audions*.

Del comportamento di questi cimoscopi e delle loro costruzione parleremo a suo tempo; intanto giova dire che essi servono a *rivelare* le onde ricevute dall'aereo sotto forma di rapidissime e tenuissime correnti alternate, permettendo al telefono ricevitore di tradurle in *suoni* all'orecchio del telefonista.

Questo — in rapidissima sintesi — il meccanismo generale della telegrafia senza fili.

6. Ma vediamo un po' più dettagliatamente la natura e il modo della propagazione delle onde.

Supponiamo di collocare due piccoli galleggianti (pezzi di sughero) in un placido specchio d'acqua, per esempio in una vasca tranquilla. Si provi, con un mezzo qualsiasi, ad imprimere alcune scosse all'uno dei sugheri, in modo da provocare un movimento nel liquido; si vede allora che subito si formano alla superficie dell'acqua talune increspature, in forma di piccole onde circolari rapidamente susseguentisi l'una all'altra, che si propagano all'intorno e man mano si allargano facendo centro sul pezzo di sughero. Allorquando le onde sono giunte alla distanza in cui è abbandonato l'altro pezzo di sughero, anche quest'ultimo si mette in moto cominciando ad oscillare verticalmente e compie alcune oscillazioni sempre di minore ampiezza finchè, gradatamente, tutto, sulla vasca, sugheri e liquido, tornano tranquilli.

Un fenomeno di questo genere si verifica nel campo hertziano, ed è facile comprenderlo quando si sostituisca idealmente l'*etere* all'acqua e le stazioni trasmittente e ricevente ai due galleggianti.

L'aereo della prima, ricevute dal complesso degli apparati che generano la scintilla le fortissime correnti elettriche, provoca nello spazio etereo che lo circonda una violenta perturbazione elettromagnetica, la quale si manifesta in forma di *onde*. Le onde elettromagnetiche così generate s'irradiano velocissimamente in tutte le direzioni e giunte all'aereo della stazione ricevente gli comunicano i propri impulsi vibratori analoghi a quelli dell'aereo trasmittente, sebbene grandemente indeboliti, e l'aereo ricettore, così impressionato, comincia esso stesso ad

essere percorso dalle uguali correnti elettriche finchè, gradatamente, il fenomeno andrà attenuandosi fino a scomparire del tutto.

La perturbazione elettromagnetica degli aerei e dello spazio che li divide durerà più o meno a lungo a seconda che alla stazione trasmittente l'operatore avrà insistito più o meno nella manovra dell'apparecchio. Nel primo caso si avranno delle *linee* dell'alfabeto Morse, nel secondo dei *punti*. La perturbazione potrà essere costante e prolungata nel caso si tratti di un Radiotelefono, ma in questo caso la sua *intensità* sarà continuamente variata dal giuoco del microfono ed alle *linee* e *punti* corrisponderanno le alternative d'intensità delle onde corrispondenti alle vibrazioni della voce umana.

Torniamo al fenomeno dei sugheri galleggianti. Chi bene l'osservi noterà che nella propagazione delle onde liquide ciò che si propaga da un punto ad un altro della vasca non è l'acqua della superficie, ma soltanto il *movimento* dell'acqua stessa; in realtà ciascuna molecola dello stato liquido superficiale è messa in moto dalle onde, ma non per *spostarsi* nel senso della propagazione, bensì soltanto per spostarsi nel senso della sua posizione di riposo, con movimento *verticale* alternativo di ascesa e discesa che si va lentamente smorzando come l'oscillazione di un pendolo. Infatti — a ben guardare — il sughero, diremo così, *ricevente*, non si sposta per nulla; subisce le oscillazioni dall'alto in basso, e viceversa, ma senza muoversi dal punto in cui si trova.

Uguale è il meccanismo e il comportamento di tutte le onde, di qualunque natura; l'onda è niente

altro che *una propagazione di moto e non di materia;* il suo effetto è di generare successivamente in tutti i punti dello spazio della sua propagazione le vibrazioni dei punti stessi sulla loro abituale posizione di riposo, ma senza spostarli nel senso in cui l'onda si propaga.

Ogni onda ha due caratteristiche principali: l'*ampiezza* e la *lunghezza*.

L'ampiezza è la distanza intercedente tra il livello medio dell'acqua e l'altezza massima dell'in-

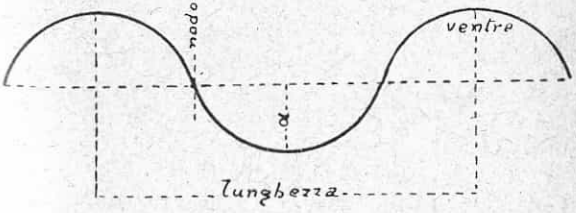


Fig. 14.

crespatura o la profondità massima dell'avvallamento, ed è indicata con α nella nostra fig. 14.

La *lunghezza* è la distanza fra le due creste consecutive o, per meglio dire, tra un *nodo* e l'altro, essendosi definito *nodo* il punto di confine dell'onda tra l'elevazione e l'avvallamento, e *ventre* il punto dell'ampiezza maggiore. La lunghezza d'onda si indica generalmente con λ.

Chi voglia però maggiormente rendersi l'idea dell'esatto meccanismo delle onde usate in Radiotelefonia (e di quelle hertziane in genere) troverà mág-

giore analogia di quest'ultime, non colle onde liquide, bensì colle onde cosidette *di pressione* e specialmente con le *onde sonore*. Esse sono date da successivi spostamenti per i quali il mezzo ambiente in cui si propagano viene alternativamente *dilatato* e *compresso*, e, in questo caso, la *lunghezza* d'onda è la distanza fra due punti susseguenti della massima dilatazione o della massima compressione.

Le onde hertziane hanno una *velocità* fissa: 300.000 chilometri al m".

La loro lunghezza è varia, a seconda degli apparati che le generano, e rimane compresa nei limiti da 3 millimetri a 15.000 chilometri con tendenza a crescere. La lunghezza delle onde hertziane è quindi molto maggiore di quella delle onde sonore, calorifere, luminose e d'altro genere. Essa rimane costante durante tutto il tempo della propagazione, a qualunque distanza giungano gl'impulsi, mentre l'*ampiezza* va gradatamente diminuendo a misura che l'onda si allontana dall'origine. La graduale diminuzione del fenomeno dell'onda — uguale a quella del pendolo in cui l'oscillazione diminuisce, ma il *tempo* di ogni oscillazione rimane costante e isocrono — dicesi *smorzamento*.

Il coefficiente regolare di smorzamento, da un'oscillazione all'altra, chiamasi *decremento*.

Le onde hertziane si propagano nell'etere e nei mezzi *isolanti*. Esse non penetrano nei corpi buoni conduttori, nè si propagano attraverso l'acqua o la terra, ma solo imperfettamente nel suolo asciutto, sabbioso o roccioso. Sull'altezza del suolo, qualunque sia l'altezza dell'aereo che le irradia, esse si propa-

gano, arrivano a circa 60 o 70 chilometri; non oltre, perchè gli strati superiori cominciano a non essere più troppo isolanti.

7. Vediamo ora che cosa è la *frequenza*.

Gli oscillatori degli impianti radiotelefonici non emettono delle onde staccate e singole. Ogni scintilla — anzi, ogni *choc* di scintilla — eccita parecchie onde; un impianto ne può generare, a seconda della sua organizzazione, diecine e centinaia di migliaia in un minuto secondo. Chiamasi appunto *frequenza*

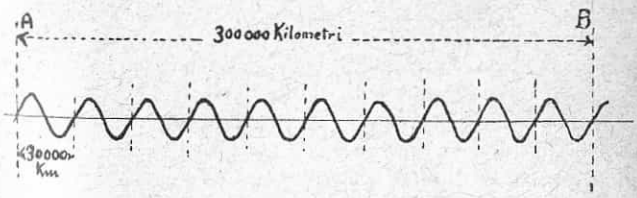


Fig. 15.

il numero delle onde che un oscillatore è capace di provocare nell'unità di tempo (minuto secondo). mentre chiamasi *periodo* la durata di ciascuna oscillazione. È chiaro che una relazione aritmetica intercede fra la *lunghezza*, la *velocità* e la *frequenza*.

Data la velocità fissa di 300.000 km. al m", se si prende a considerare un dato punto dello spazio, il numero di onde che passerà per esso in un minuto secondo costituirà appunto la cosidetta *frequenza* ed essa sarà uguale alla velocità divisa per la lunghezza d'onda.

Consideriamo la fig. 15 e immaginiamoci che la

distanza AB sia di 300.000 km., lo spazio, cioè che, una singola oscillazione valica in un m″. Supposto che quest'onda abbia la lunghezza (irrealizzabile in pratica) di 30.000 km., è chiaro che per un punto qualunque dello spazio tra A e B ne passeranno, in un secondo, solamente dieci.

Si possono dunque stabilire le seguenti formule:

$$a)\ \textit{Frequenza} = \frac{\text{velocità}}{\text{lunghezza}} \left(n = \frac{v}{\lambda} \right)$$

$$b)\ \textit{Lunghezza} = \frac{\text{velocità}}{\text{frequenza}} \left(\lambda = \frac{v}{n} \right)$$

Per maggiori schiarimenti sulla meccanica delle onde rimandiamo i lettori alle opere speciali in argomento, di cui alla nota bibliografia in fondo al volume.

All'indole di questo manuale giova piuttosto una rapida scorsa ai dispositivi che servono a variare, a *regolare* i caratteri delle onde, sia alla trasmissione che alla ricezione, e che si riferiscono alla *induttanza*, alla *resistenza* ed alla *capacità* dei circuiti secondo le leggi generali dell'elettricità che noi supponiamo note ai lettori e che in questo lavoro consideriamo soltanto *applicate*. Detti dispositivi intendono esclusivamente a creare la cosidetta *sintonia*, o accordo elettrico dei circuiti e delle stazioni, in modo da ricavare dagli impianti il rendimento maggiore a parità d'energia impiegata e in modo da mettere gl'impianti nelle migliori condizioni per poter comunicare tra di loro senza difficoltà e senza disturbi.

La sintonia dipende in gran parte dall'accordo delle frequenze e noi ce ne convinceremo subito ricorrendo

al paragone offertoci da un modello meccanico. Consideriamo due pendoli *a* ed *a'* attaccati da una funi-

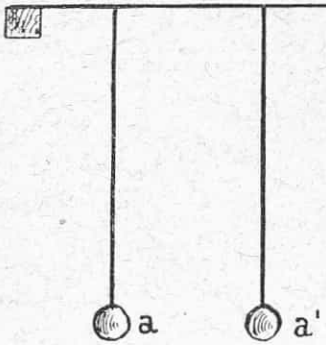


Fig. 16.

cella tesa orizzontalmente. La *frequenza* delle oscillazioni che possiamo far compiere ai due pendoli è in proporzione diretta colla lunghezza delle due cordicelle. Se entrambe sono di uguale lunghezza le frequenze saranno identiche, se una corda è più lunga dell'altra le frequenze saranno diverse.

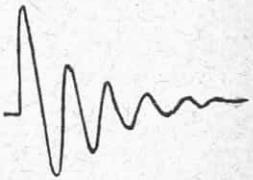


Fig. 17.

Mettiamo in oscillazione il pendolo *a*. Esso compirà un movimento oscillatorio d'ampiezza decrescente che può essere rappresentato dal diagramma della fig. 17.

Contemporaneamente si vedrà che per effetto dell'accoppiamento meccanico dovuto alla funicella anche il pendolo *a'* comincierà ad oscillare.

Sul principio l'*a'* riceverà un brevissimo impulso dalla prima oscillazione di *a*; alla seconda oscillazione di *a*, *a'* risponderà con un proprio spostamento di maggiore ampiezza; alla terza oscillazione l'ampiezza del movimento di *a'* crescerà ancora, e così di seguito, finchè verrà un momento in cui, trovandosi *a'* alla massima ampiezza, *a* comincierà ad aver diminuita l'ampiezza propria e man mano si completa lo svolgimento del fenomeno, l'oscillazione di *a* giungerà al suo smorzamento mentre *a'* oscillerà ancora con un residuo d'ampiezza. Ma la cosa più interessante da notare è che la *fase*, diremo così, del doppio movimento oscillatorio è sempre la stessa per i due pendoli, i quali, durante tutto il ciclo del fenomeno, oscilleranno entrambi nello stesso modo e *in accordo*. Ciò si spiega pensando che essendo la *frequenza* dei due pendoli uguale, tutte le oscillazioni di *a* si comunicano ad *a' sommando i loro effetti* e il risultato generale ne risulta ingrandito. Tutta l'energia meccanica di *a*, meno le perdite dovute all'attrito dell'aria e alla distorsione delle corde, trapassa in *a'*, il che non avverrebbe se, le frequenze essendo diverse a causa della diversa lunghezza dei pendoli, le due oscillazioni fossero *sfasate* e contrastanti. Un fenomeno di questo genere, identico nei modi, ha luogo nel meccanismo di propagazione delle onde hertziane.

Ogni stazione emettitrice ha la sua *frequenza*, dovuta alla lunghezza dell'onda in uso ed alle caratteristiche di tutto l'impianto.

Più che altro, la frequenza dipende dalla lunghezza dell'aereo, dalle *capacità* (condensatori) impiegate, dalla *induttanza* del circuito oscillante, dal tipo di scintilla e da altri coefficienti.

Occorre ora che alla stazione ricettrice tutte le caratteristiche dell'*oscillatore di ricezione* (aereo, induttanze, capacità, ecc.) corrispondano esattamente a quelle della stazione trasmittente e siano « in accordo » con esse. La stazione ricevitrice dev'essere costruita in modo che se in luogo di essere ricevitrice fosse trasmittente, le oscillazioni da essa irradiate avessero la stessa frequenza di quelle della corrispondente stazione. In questo caso la *sintonia* è assicurata. E come il pendolo *a'* è nelle migliori condizioni meccaniche per ricevere *tutta* l'energia di *a*, così la stazione accordata si trova nelle migliori condizioni elettriche per ricevere *tutta* l'energia della stazione in accordo, o, come si dice, « in risonanza ».

8. Resta, in questo capitolo, da accennare brevemente a due tipi diversi di onde: le onde *smorzate* e le onde *durevoli*.

Le prime sono quelle che già conosciamo e che seguono la legge del pendolo. Sono le onde di ampiezza decrescente, diagrammate nella fig. 17, che dopo poche oscillazioni vanno a smorzarsi; esse trovano impiego soltanto in radiotelegrafia.

Le onde *durevoli*, o « persistenti », sono quelle che, mediante certi espedienti che vedremo più tardi, non hanno smorzamento e si rincorrono nello spazio sommandosi gli effetti e sempre conservando la medesima ampiezza. Esse trovano specialmente impiego nella radiotelefonia.

La mancanza di smorzamento deve intendersi così: prima che un'oscillazione del tipo « durevole » arrivi a smorzarsi, un'altra ne sopraggiunge a tenerne il posto ed a ridarle energia, ed un'altra ancora, sempre in uguaglianza di fase, in modo da continuarne gli effetti, e così di seguito finchè nell'oscillatore di trasmissione continua la produzione delle onde.

Chiudiamo questo capitolo accennando, colle parole del Murani, ad alcune considerazioni utili circa la propagazione delle onde:

« Le grandiose esperienze del Marconi della trasmissione di segnali attraverso l'Atlantico han fatto nascere delle discussioni intorno al modo di propagazione delle onde: nei primi tempi della radiotelegrafia pareva di non doversi tener conto che delle onde elettromagnetiche emesse dall'antenna e propagate attraverso l'aria; oggi invece quasi tutti ritengono che le onde pervengano alla stazione ricevente principalmente attraverso il suolo, come si è detto sopra.

Sarà bene aggiungere qualche altra considerazione al riguardo. È certo che le onde hertziane possono propagarsi meglio attraverso un dielettrico, com'è la nostra atmosfera, che lungo corpi conduttori. In questo secondo caso le onde, pur seguendo i conduttori, rimangono però nel dielettrico, e rientrano solo fino a un tenue spessore nelle condutture: nel caso dei metalli tale spessore è piccolissimo.

Che le onde elettriche non possano penetrare nei metalli, e quindi nell'interno di un involucro metallico ermeticamente chiuso da ogni parte fu dimostrato in modo evidente dal Righi. Si può semplicemente provare la cosa, ponendo nell'interno di un

involucro metallico interamente chiuso una pila con un coherer e un campanello elettrico; facendo agire un oscillatore anche potente in vicinanza, non si riesce mai ad eccitare il coherer, e il campanello tace.

Nel caso di corpi semi-conduttori, come possono considerarsi la crosta terrestre e i mari, le onde saranno ancora in parte guidate da essi, e vi penetreranno più profondamente di quello che farebbero nei metalli.

Sembra quindi non potersi fare a meno di ammettere che le onde si propagano, in pari tempo, attraverso il mare e la terra e attraverso l'atmosfera, per modo che esse seguano la curvatura del globo. Si spiega così, anche indipendentemente dalla diffrazione, la possibilità che le onde emesse da una stazione ne raggiungano un'altra tanto lontana, anche quand'è interposto fra esse un grande arco della superficie terrestre.

A provare che le onde elettromagnetiche possano essere trasmesse semplicemente dall'aria, stanno le esperienze di radiotelegrafia fatte in pallone; e, d'altra parte esperienze dirette hanno provato che le onde si propagano anche per mezzo dell'acqua e del suolo.

Sembra quindi doversi ritenere che mentre l'antenna colle sue oscillazioni elettriche genera delle onde elettromagnetiche che si propagano nell'aria in ogni senso, la sua comunicazione col suolo nella parte inferiore imprime alla terra oscillazioni elettriche di uguale periodo propagantisi pure in ogni senso attorno al punto in cui la comunicazione è stabilita, ma specialmente nelle parti superficiali del suolo ».

CAPITOLO III

ANTICHI SISTEMI DI TELEFONIA SENZA FILO — IL « SELENIO » E LA LUCE PER LA TRASMISSIONE DELLA PAROLA.

9. Uno dei più antichi sistemi di telefonia senza fili fu quello che prese il nome di « fototelefonia », od anche « selefonia », a causa del *selenio* che n'era il principale elemento; e fra tutti i sistemi di vario genere che vennero proposti per la soluzione del problema della telefonia afila, quello con impiego del selenio è l'unico che meriti un cenno alquanto diffuso.

Il selenio è un corpo affine allo solfo ed al tellurio ed appunto per la sua analogia con quest'ultimo riceve il nome dalla parola greca σελήνη, che significa *luna*. Esso non si trova che assai raramente allo stato nativo; commisto con lo zolfo lo si trova in una certa abbondanza nelle isole Lipari, in Isvezia e in parecchie regioni vulcaniche. L'autore di queste note ne ha trovato, in Italia, entro la *zolfatara* di Pozzuoli.

Fu scoperto da Berzelius nel 1871. In maggior quantità è contenuto nella *zorgite* (seleniuro di rame e piombo con tracce d'argento) che si trova nell'Hartz e nell'Argentina.

Il selenio trovasi in commercio allo stato vetroso, color bruno nerastro, superficie lucida e levigata, cattivo conduttore dell'elettricità. Sotto piccolo spessore è trasparente e rende una luce rosso-rubinea. È fusibile. Mantenuto per un certo tempo ad elevata temperatura (inferiore a quella del suo punto di fusione che è di circa 200°) subisce una trasformazione ed assume uno stato metallico color grigio e cristallino, ma opaco anche a piccolo spessore e debolmente buon conduttore.

« Questa varietà di selenio cristallino — dice l'Amaduzzi — insolubile nel solfuro di carbonio, presenta alla sua superficie un color grigio azzurrognolo ed uno splendore decisamente metallico. La superficie di rottura, invece di essere vetrosa, è a grani metallici piccolissimi e ricorda un poco quella della ghisa grigia. La massa s'appiattisce sensibilmente sotto il martello prima di rompersi e l'impronta mostra uno splendore metallico pronunciatissimo. La lima produce ugualmente delle superfici di aspetto metallico ».

La varietà di selenio usata in fototelefonia è il cristallino grigio. La *densità* di esso è di circa 4,80; il calore specifico è di 0,07445, il punto di ebollizione è a 690°.

Il selenio gode di varie proprietà assai interessanti dal punto di vista fisico, ma la più notevole è questa: *il selenio esposto all'azione della luce, perde notevolmente della sua resistenza elettrica.*

Furono i signori May e Smith che nel 1873, mentre tentavano di costruire certe resistenze al selenio, ebbero agio di osservare la strana proprietà di detto corpo. Successivamente l'Adam in Inghilterra e il

Werner in Germania studiarono il fenomeno: il Werner costrusse all'uopo un apparecchio costituito da due spirali piatte di platino applicate ad una lamina di mica in guisa che i fili rispettivi corressero paralleli senza toccarsi. In mezzo al binario dei fili il Werner lasciò cadere una goccia di selenio fuso e poscia coperse il tutto con una seconda lamella di mica. Gli estremi dei fili vennero quindi inseriti nel circuito di una pila e di un galvanometro. Alla temperatura di 80° il selenio si mostrò affatto coibente tanto alla luce quanto all'oscurità. Tenuto per qualche tempo a 100° e raffreddato con rapidità, il selenio cominciò a perdere qualche cosa della sua resistenza se lo si esponeva alla luce. Tenuto per qualche tempo a circa 200° e lasciato raffreddare a rilento, si ottenne una debole deviazione del galvanometro all'oscuro ed una molto più ampia alla luce.

10. Più tardi altri fisici accertarono e dettagliarono meglio questa proprietà fotoelettrica del selenio e nel 1880 si cominciarono a costruire le *celle*, o cellule, del metalloide coll'intento di servirsene per la fototelefonia.

La sensibilità di una cella è tanto maggiore quanto maggiore è la sua resistenza. Il grado di sensibilità si misura dal rapporto che intercede tra il valore della resistenza di una cella all'oscuro e il valore della resistenza quando la cella è sottomessa all'azione della luce. Generalmente questo rapporto è di 2:1 e 3:1, ma in certe condizioni costruttive si può agevolmente ottenere un rapporto 4:1 ed anche 5:1. Si costruiscono celle dai 10.000 ai 250.000 ohms, all'oscuro. Le forme di costruzione sono svariatissime.

Uno dei tipi più usati e semplici, quello di Bidwell, è costituito di un doppio filo d'argento o di rame avvolto su di un pezzo isolante (vetro, ebanite od altro). In mezzo al binario dei fili trovasi il selenio, colatovi in fusione per uno strato il più possibilmente sottile.

La cella del Mercadier (fig. 18) consta di due nastri *a a'* e *b b'* di rame o d'argento, divisi da un ugual nastro di carta paraffinata come si usa nei condensatori. Il tutto racchiuso e compresso in un telaietto di sostanza isolante. Una delle facce del sistema è

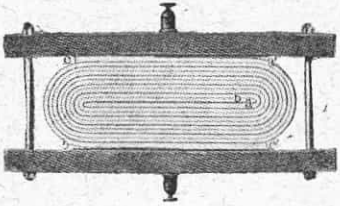


Fig. 18.

ben limata e forbita; quindi si sparge su di essa il selenio a conveniente temperatura.

Il Barreca usa la cella rappresentata dalla fig. 19 nelle proporzioni di circa un quarto dal vero. Essa ha forma prismatica: due specchi ad angolo riflettono la luce che arriva nella direzione segnata dalla freccia su entrambe le faccie della cella in modo da impressionarle contemporaneamente, aumentando così l'effetto utile. I due specchi servono anche da custodia quando la cella non agisce. La parte interna della cella è costruita soprapponendo alternativamente fra

di loro striscie di ottone e di mica aventi la forma indicata a fianco della figura: gl'intagli *A* e *B* scorrono lungo due colonne verticali aventi la medesima sezione triangolare e con le faccie piane rivestite di mica. Alla parte superiore queste colonnine sono lavorate a vite e le relative madreviti stringono così tutto il pacco. Le lamine metalliche di posto pari

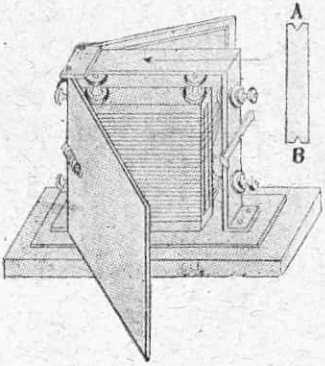


Fig. 19.

sono poi congiunte insieme tra loro, ed altrettanto dicasi di quelle di posto dispari. Le due superfici laterali del pacco, accuratamente spianate e forbite, sono poscia ricoperte di selenio fuso. Il pacco, tenuto in precedenza, ed a lungo, alla temperatura di 160°, è quindi montato nel telaio a specchi.

Il Ruhmer monta il selenio in un tubo a rarefazione come una lampada ad incandescenza, il che vale a preservarlo dall' umidità e dalla polvere ol-

trechè a rendere le celle di facile inserimento nei circuiti. I due fili di rame sono avvolti ad elica ed affac-

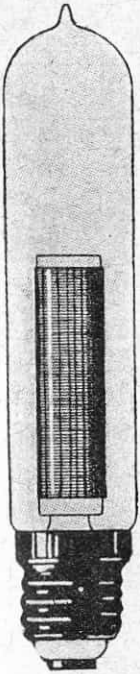


Fig. 20.

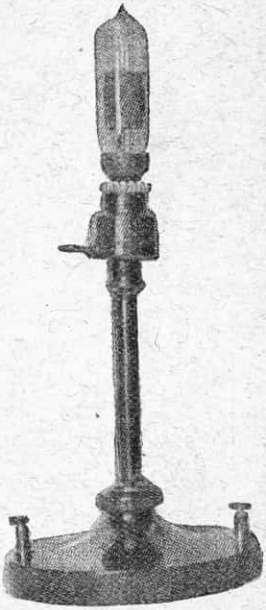


Fig. 21.

ciati a brevissima distanza, sopra un cilindretto di porcellana (fig. 20 e 21).

Altri tipi di celle usati dal Ruhmer sono quelli indicati dalle figure 22, 23 e 24.

L'indole di questo manuale non ci consente di

Fig. 22.

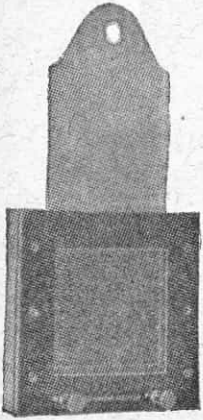


Fig. 23.

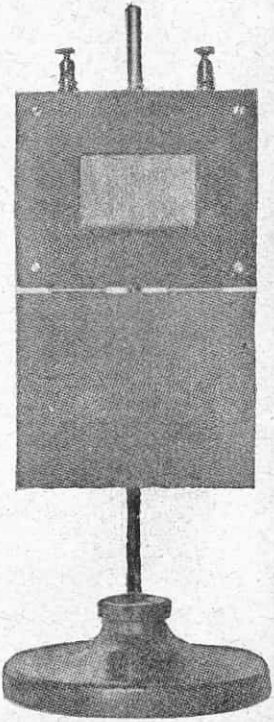


Fig. 24.

estenderci a lungo intorno alle spiegazioni teoriche del fenomeno fotoelettrico del selenio. Ci limiteremo ad avvertire che, dai più, l'azione della luce sul selenio è attribuita ad un processo di ionizzazione. I raggi luminosi metterebbero in libertà gli *elettroni* dagli atomi del metalloide. Gli elettroni, emigrando da un atomo all'altro trasporterebbero seco loro la corrente col proprio movimento. Quando poi la luce viene a mancare, gli elettroni attiverebbero il processo inverso della ricombinazione.

Questa la teoria di Townsed, ma va subito detto che essa è rifiutata da molti i quali al fenomeno fotoelettrico del selenio assegnano tutt'altre spiegazioni.

Gli studiosi che intorno al selenio desiderassero minute ed esaurienti notizie, leggano il recente nostro lavoro: *Il selenio e le sue applicazioni* (Hoepli, Milano, 1919).

11. La caratteristica proprietà fotoelettrica del selenio non poteva mancare di essere applicata a scopi tecnici. Fin dal 1878, l'inventore del telefono Bell; e il suo coadiutore di esperienze Summer Tainter, pensarono di realizzare un ricevitore fototelefonico accoppiando l'apparecchio di Bell ad un elemento di selenio.

I ricevitori a selenio costruiti a questo scopo dai due scienziati consistevano in due placche di rame divise da uno spessore di mica, a mo' di un condensatore. Entrambe le placche erano attraversate da un certo numero di fori e nei fori dell'una placca erano saldate delle punte di ferro che andavano ad attraversare il foro corrispondente dell'altra placca ma senza toccarla. Lo spazio circolare compreso tra le

punte e il metallo della placca era riempito di selenio vetroso, nero, che veniva poscia fuso alla stufa.

Il dispositivo di Bell e Tainter si basava sul principio che la luce variabile emessa da un arco voltaico *parlante*, concentrata sopra un ricevitore a selenio, dà luogo alla riproduzione delle parole pronunziate presso il microfono.

La disposizione usata dal Bell e poscia, con leggere

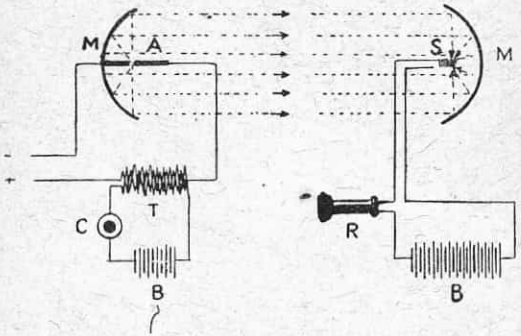


Fig. 25.

varianti, dal Simon e da altri è quella indicata dalla fig. 25.

Nella stazione trasmettitrice si trova il microfono *C* inserito nel circuito della pila *B* e dell'avvoltimento *T* di un piccolo trasformatore.

Il secondario del trasformatore è inserito nel circuito di una batteria e di un arco voltaico *A*, quest'ultimo disposto nel fuoco di uno specchio parabolico *M*. Lo schema del circuito trascura altre parti ed appa-

recchi complementari come i condensatori, potenziometri, selfinduzioni, ecc.

Nella stazione ricevente si trova pure uno specchio concavo M nel fuoco del quale è disposta la cella di selenio S, messa in circuito con una pila B ed un telefono R.

Naturalmente i due specchi parabolici debbono essere rivolti l'uno verso l'altro sullo stesso asse, il che, in pratica, dev'essere ottenuto per tentativi se la distanza di comunicazione è piccola, per mezzo di adatti metodi di puntamento ottico se la distanza è grande.

Il funzionamento di questa disposizione è senz'altro intuitivo. La parola parlata davanti al microfono provoca correnti variabili nel circuito CTB, le quali inducono corrispondenti correnti variabili nel circuito AT influenzando l'arco nel modo anzidetto. L'arco così influenzato renderà un gioco di luce continuamente variabile che lo specchio M rimbalzerà all'altro specchio M e questi al selenio. La cella di selenio, influenzata dalla luce variabile risponderà al suo giuoco eccitando nel circuito BSR correnti analogamente variabili, atte a riprodurre i suoni che vennero trasmessi alla stazione mittente.

« In queste esperienze — scrive il Righi — l'arco parlante ha un'importanza principale. Si è già notato che quando l'arco deve servire solo a generare suoni intensi, è bene che la differenza di potenziale tra i carboni sia molto elevata e la distanza tra le loro estremità sia la massima possibile, ciò che ben si comprende riflettendo che in certo modo l'arco voltaico, o meglio la massa gassosa incandescente

che esiste fra i due carboni, costituisce il corpo sonoro. Nel caso attuale ciò che importa di esagerare, per quanto è possibile, è la variazione d'intensità luminosa dovuta alle correnti ondulatorie create dal microfono, mentre l'intensità media della luce medesima non ha importanza. Si può anzi aggiungere che, a parità di variazioni dell'intensità luminosa, è preferibile che questa intensità abbia un valore medio assai piccolo, inquantochè è noto, che una stessa differenza nell'intensità di illuminazione del selenio produce variazioni di resistenza tanto più marcate, quanto minore è l'intensità luminosa iniziale. In altri termini è noto, che la sensibilità del selenio alla luce decresce al crescere dell'intensità della illuminazione. Per conseguenza, nella telefonia senza filo meglio è far uso di un arco assai corto, e di una corrente relativamente debole. Così, una corrente di due o tre ampères fra carboni, dei quali il positivo sia grosso 5 millimetri ed il negativo 3 millimetri, è convenientissima nel caso attuale.

È noto che nell'arco voltaico i due carboni, e sopratutto quello positivo, continuamente si consumano, e che in particolare si forma una cavità, detta *cratere*, nel carbone positivo, la quale emette una intensissima luce. Si è riconosciuto che le variazioni d'intensità luminosa, utilizzate nell'applicazione di cui trattiamo, hanno la loro sede precisamente nel cratere, mentre la massa gassosa costituente l'arco voltaico non prende quasi parte alcuna al fenomeno. È la luce emessa dal carbone positivo, che varia d'intensità in modo da corrispondere sempre con meravigliosa esattezza ai valori istantanei dell'intensità della corrente. Ora

dalle osservazioni numerose dei citati autori risulta che una stessa variazione percentuale dell'intensità della corrente produce una variazione dell'intensità luminosa del cratere relativamente più grande, quando si adoperano correnti deboli, che quando se ne adoperano delle intense. Anche per questo non bisogna dunque far uso di correnti troppo forti.

Importanza grandissima sui risultati ha pure l'apparato a selenio. Naturalmente è bene che la sua resistenza sia piccola e che la variazione di resistenza prodotta dalla illuminazione sia la massima possibile. Ora, tanto la resistenza all'oscurità quanto la sensibilità alla luce dipendono molto dalla struttura dell'apparato a selenio e dal modo col quale questo corpo fu trattato. Disgraziatamente non si è sempre padroni di ottenere il risultato che si desidera e si è quasi sempre costretti a fabbricare varii apparecchi a selenio per scegliere quello che offre la minor resistenza e la maggiore sensibilità. Intanto si possono avere ottimi apparati a selenio dalla Casa Clausen e von Bronk di Berlino, dal signor Giltay di Delft e dal signor Ruhmer pure di Berlino. La resistenza dell'apparato a selenio è sempre però alquanto elevata, ragione per cui fa d'uopo adoperare nella stazione ricevente una pila o batteria di grande forza elettromotrice. Questa fu sempre di 50 a 120 volts ».

La disposizione adottata dal Simon per la stazione ricevitrice è quella indicata dalla fig. 26. *Z* è la cella di selenio inserita nel circuito di una forte batteria e di una selfinduzione *I* che impedisce alla corrente del telefono di propagarsi all'infuori del circuito loro proprio, mentre, in quest'ultimo, l'inserzione del

condensatore *C* impedisce alla corrente della pila di attraversare il circuito del telefono.

Le esperienze dei signori Simon e Reich di trasmissione seleno-fonica a distanza furono iniziate nel 1901 in Amburgo. Dapprincipio la distanza fu di solo 1 km. e si usò un proiettore Schubert di 90 cm. di

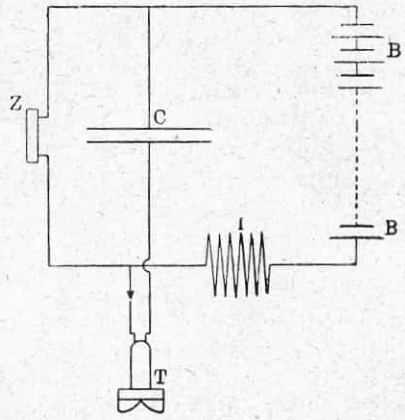


Fig. 26.

diametro; quindi man mano la distanza venne accresciuta sempre mantenendo buoni risultati. Altre esperienze furono ripetute a Norimberga nello stesso anno ed in quello successivo su di un lago presso Berlino alla distanza di 7 km. Il sistema fu sempre più perfezionato e nel 1904 la distanza di comunicazione oltrepassò i 50 km.

In luogo dell'arco i due inventori usarono altre

sorgenti di luce e preferibilmente la luce di un eliografo. Giltay, per esempio, usò per l'illuminazione a distanza del selenio il gas acetilene, la cui fiamma è resa ondulatoria dalle vibrazioni sonore della voce che vanno a percuotere una capsula manometrica.

Quasi tutti gl'inventori fecero largo uso di specchi parabolici, lenti, specchi, riflettori, ecc., per concentrare la maggior quantità di raggi sul selenio.

I dispositivi di fototelefonia furono esperimentati — e con successo quasi sempre buono, sebbene a piccole distanze — da un gran numero di studiosi. Oggi però la telefonia hertziana ha completamente soppiantata la fototelefonia, la quale non resta che un ricordo storico, d'altronde assai ricco d'importanza scientifica.

CAPITOLO IV

I VARI SISTEMI PER GENERARE ONDE « DUREVOLI » ADATTE ALLA TELEFONIA SENZA FILO.

12. Inventata e tradotta nel campo pratico la radiotelegrafia, gli studiosi volsero l'acume dell'intelletto alle ricerche dirette ad applicare le onde elettro-magnetiche anche alla telefonia senza fili. E la prima cosa che si pensò di fare fu questa: sostituire un microfono al tasto manipolatore di un ordinario impianto Marconi, nel modo indicato dalla fig. 27.

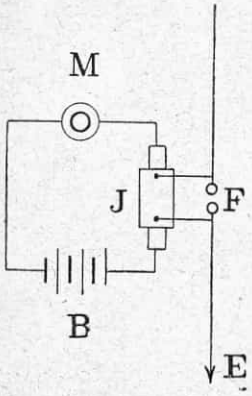


Fig. 27.

B è la batteria di pile, o di accumulatori, che eroga la corrente all'avvolgimento primario di *I*, attraverso il microfono; *F* lo spinterometro fra la terra *E* e l'aereo, al cui sistema oscillante fan capo le correnti dell'avvolgimento secondario di *I*. Il regime della

corrente di *B* è continuamente modificato dal giuoco dei contatti del microfono sotto gli impulsi delle onde sonore, talchè nel primario del rocchetto s'immette una corrente *continua* ma di una intensità continuamente variata. Corrisponderà, nel secondario, un regime di correnti di alta tensione ma d'intensità sempre variabile, in modo che la scintilla nello spinterometro verrà « modulata » in corrispondenza delle correnti variabili e tutto il sistema irradierà nello spazio onde di lunghezza e di ampiezza irregolari e diverse, a seconda dei suoni immessi nel microfono. Si vede subito, però, che un impianto di questo tipo è molto rudimentale e che il giuoco della scintilla non può affatto rispondere alle minute e rapidissime variazioni e inflessioni della voce parlata.

Vediamo in dettaglio. L'uso, in radiotelefonia, di una bobina ordinaria, servita da ordinarie correnti alternate di frequenza usuale o dalle correnti di un microfono le cui variazioni non possono produrre analoghe e progressive variazioni nelle oscillazioni secondarie, offre, in generale, un numero relativamente piccolo di scariche nell'unità di tempo, le quali, per di più, sono fortemente *smorzate*.

Lo smorzamento fa sì che tra una scarica e l'altra si creino degli intervalli di tempo durante i quali le vibrazioni sonore non sono trasmesse. Supponiamo, per esempio, che l'oscillatore della fig. 27 fornisca 50 scintille al minuto secondo e che ciascuna scintilla dia luogo ad un « treno d'onde » di 10 oscillazioni complete della lunghezza di 100 metri ciascuna.

Avremo dunque, nel minuto secondo, complessivamente 50 treni d'onda per la lunghezza di 1000 metri ciascuno.

Ora noi sappiamo che la velocità di propagazione delle onde è di circa 300.000 km. al minuto secondo. Se ne deduce che, essendo ciascuna delle 10 scariche (e dei 10 treni) distanziata dalla successiva di $\frac{1}{50}$ di secondo, il primo treno sarà già ad una distanza di $\frac{300.000}{50} = 6000$ km., dall'aereo di origine, allorquando il secondo treno partirà. E poichè ciascun treno non è più lungo di 10 oscillazioni × 100 metri ciascuna = 1000 metri, è chiaro che fra un treno e l'altro esisterà un intervallo *vuoto* di km. 6000 — 1000 metri, cioè dire esisterà nello spazio etereo una distanza di 5999 km. fra un treno e l'altro, nella quale, essendosi le onde *smorzate*, non avrà luogo alcun lavoro elettromagnetico.

Ora quale forza fisica s'incaricherà di far da veicolo alle vibrazioni sonore immerse nel microfono dalla voce parlata durante questi enormi intervalli di riposo, di durata complessivamente ed enormemente maggiore dei periodi di lavoro?

È dimostrato che la parola articolata possiede un numero di vibrazioni acustiche che, normalmente, sorpassa le 10.000.

Bisogna perciò che ogni apparato radiotelefonico fornisca almeno 10.000 scariche di scintilla al minuto secondo e che in luogo di eccitare delle onde smorzate ne fornisca delle *persistenti* o delle quasi persistenti.

13. I problemi fondamentali della radiotelefonia sono dunque due:

1° *generare* delle oscillazioni molto rapide e durevoli (oscillatori).

2° *modularne* la intensità, od altro carattere, in modo corrispondente alle modulazioni della voce (microfoni).

Abbandonati senz'altro gli spinterometri fissi e gli oscillatori del tipo Righi, i fisici ricorsero ad altri mezzi per risolvere separatamente i due problemi.

Elenchiamo qui sotto i vari modi di risoluzione del primo problema quali vennero proposti da numerosi inventori:

a) Macchine generatrici di correnti alternate ad alta frequenza, da 3000 al m'' a 120.000.

b) Archi elettrici, inclusi in circuiti oscillanti in modo da ottenerne onde durevoli dell'ordine delle diecine di migliaia.

c) Archi elettrici in lampade a vapori di mercurio.

d) Spinterometri fissi, *soffiati* da correnti d'aria, in modo da ottenere rapidissime interruzioni delle scariche, sempre nell'ordine delle migliaia.

e) Spinterometri fissi *multipli*, con o senza rotazione di fase nelle scariche, in modo da produrre un gran numero di scintille continuativamente.

f) Spinterometri serviti da trasformatori, nel circuito primario dei quali sono introdotti sistemi ultrarapidi d'interruzioni.

g) « Archi umidi » nei quali la formazione dell'arco è determinata da getti liquidi.

h) Spinterometri rotativi a grande velocità, unitarii o multipli.

i) Scaricatori ad aria rarefatta.

l) Oscillatori serviti da batterie di *audions*, usati come generatori.

Esaminiamo partitamente i vari sistemi.

14. Nicola Tesla fu il primo che costruì, nel 1889, dei generatori di correnti alternate ad alta frequenza, quale può essere sufficiente per usi radiotelefonici. La sua macchina rendeva 100 volts o 10 ampères con 1600 giri al minuto ed una velocità periferica di 210 metri al secondo, frequenza 5100, 384 poli esterni, indotto di filo di ferro [1].

Dopo di lui, il Thomson costrusse un'altra generatrice a 1000 volts ed 1 amp., frequenza 4165 a 5000 giri al minuto, fatta con due bobine induttrici fisse sopra un quadro in ferro circondate da un indotto girante.

Lo Steinmetz ne costrusse una terza a 100 volts, 20 amp., a 3750 giri al minuto, frequenza 10.000.

A frequenze più elevate ricorse il Mordey [2] con una macchina di 0,3 kw., voltaggio 65, che poteva raggiungere le 80.000 alternazioni. L'indotto ad anello di questa macchina era fisso e presentava una resistenza di circa 6 ohms; l'induttore portava 360 denti e girava a 10.000 per minuto.

Nel 1908 il Fessenden costrusse un alternatore a 75.000 periodi, capace di fornire 2 ½ kw. a 225 volts.

Il Duddel aumentò ancora la cifra delle alternazioni e costrusse una macchina che rendeva soltanto 0,2 watts ma con circa 120.000 periodi a 6000 giri al minuto. Trattavasi di un tipo a induttore, la cui corona in ferro era divisa in 30 denti e girava concentricamente ad un anello magnetico munito di due

(1) *The Electr. Eng.*, New Jork, t. 11 pag. 338, 1889.
(2) Brevetto americano n. 706737, 29 maggio 1901.

masse polari a punta girevoli verso l'interno (intraferro $\frac{1}{10}$ di mm.); sotto l'anello magnetico trovavansi le bobine induttrici e l'indotto.

Finalmente nel 1904 il Ruhmer costrusse a Berlino una macchina di rendimento quasi nullo (0,001 watts) ma capace di fornire ben 300.000 alternazioni con 6000 giri al minuto.

Rendiamo qui l'illustrazione di un tipo comune di

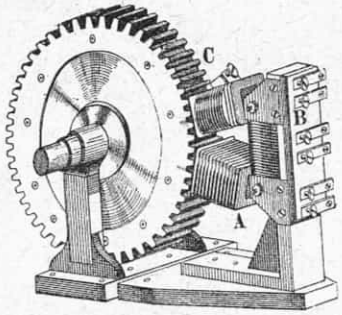


Fig. 28.

alternatore che ha avuto qualche utile impiego in radiotelefonia: l'alternatore Dolenzalek di 15 watts a 10.000 periodi con 3000 giri al minuto.

Esso è composto di una ruota dentata intagliata in un pacco di lamierini di ferro solidamente serrati in fascio; la ruota gira a grande velocità senza timore di sfasciamenti d'anelli per forza centrifuga, come nella generalità delle macchine. Di fronte ai

denti della ruota è calettato un pezzo *ABC* costituito da un grosso magnete a ferro di cavallo investito da tre rocchetti. Uno di essi, *B*, è percorso da una corrente continua eccitatrice, mentre gli altri due *A* e *C* sono sedi di rapidissime correnti alternate prodotte dal giuoco dei flussi di forza magnetica nel ferro di cavallo, resi variabili dal girar della ruota. Infatti, allorquando di fronte all'elettromagnete si trovano due denti della ruota, il flusso delle sue linee di forza viene rinforzato, mentre nel caso contrario — quando cioè i denti non combaciano colle punte del ferro — il flusso magnetico si trova diminuito. E sono appunto gli alternati rinforzi e indebolimenti di questo flusso che dànno luogo a correnti variabili di senso contrario.

Un tipo assai moderno e usato di alternatore ad alta frequenza è quello del Goldschmidt, di cui vedasi lo schema alla fig. 29.

Ne traduciamo la descrizione dal *The Electician:*

« L'installazione generatrice comprende una locomobile Wolf da 500 cavalli di tipo normale. Questa macchina aziona per mezzo di cinghie due dinamo di 150 kw. ciascuna, le cui armature sono direttamente riunite al motore dell'alternatore ad alta frequenza. Questo comprende un rotore ed uno statore recanti entrambi un avvolgimento a 384 poli. Se, per esempio, la macchina gira a 3130 al minuto mentre lo statore è eccitato da una corrente continua, il rotore sarà percorso da una corrente alternativa di 10.000 periodi. Lo statore è eccitato dalla corrente continua fornita dalla dinamo *A*; esso è protetto dagli effetti del voltaggio alternativo prodotto nello statore da

una bobina di self *B*, la quale adempie contemporaneamente anche alla funzione d'impedire all'energia oscillante dell'aereo di scaricarsi a terra attraverso l'eccitatore.

La corrente alternata a 10.000 periodi prodotta

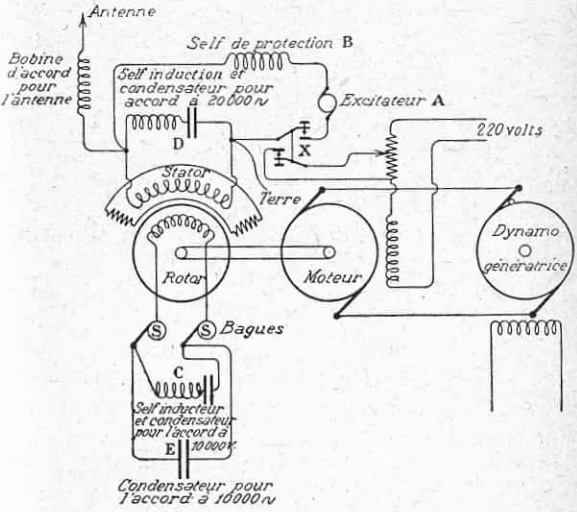


Fig. 29.

nel rotore dalla rotazione meccanica nel campo magnetico passa in un circuito che contiene una bobina di self ed un condensatore *C*, regolati in modo che l'insieme del circuito rotore sia « accordato » alla frequenza 10.000 e che, per conseguenza, l'intensità della corrente continua necessaria allo statore per

produrre una certa corrente nel rotore sia minima. La reazione del rotore sullo statore produce in questo ultimo una corrente di 20.000 periodi. L'avvolgimento statore è, con l'aiuto di una selfinduzione e di una capacità *D*, accordato su questa frequenza. La corrente a 20.000 periodi dello statore reagisce alla sua volta sul rotore e vi eccita una corrente a 30.000 periodi. L'avvolgimento del rotore è accordato su questa frequenza del condensatore *E* ».

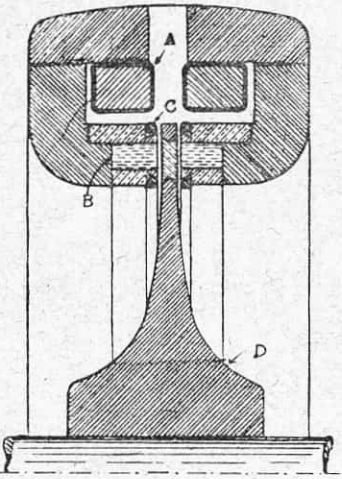
Quando l'alternatore Goldsmichdt serve per radiotelefonia, il microfono di tipo normale, o un microfono multiplo, è inserito nel circuito di eccitazione dell'eccitatore *A*.

La disposizione Goldschmidt rende una potenza utilizzabile all'aereo di 1,60 kw., con una intensità di 200 ampères.

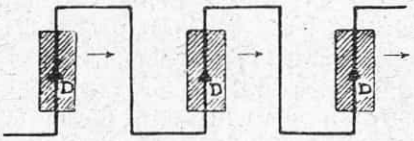
Un'altra disposizione molto apprezzata è quella dell'Alexanderson (v. fig. 30).

Il rotore del suo alternatore è un disco *D* di acciaio al cromo nikel di circa m. 0,30 di diametro con 300 denti alla periferia. Gli spazi fra i denti sono riempiti di bronzo fosforoso. L'induttore *A* è avvolto nella parte di mezzo di un nucleo di ferro le cui estremità laminate *B* costituiscono le due polarità della macchina e limitano una stretta fessura nella quale passa il bordo dentato del disco mobile. Sulle estremità laminate del nucleo è avvolto il filo indotto *C*, di 4/10 di diametro, il quale trova alloggiamento in 600 canali praticati sulla faccia dell'armatura. Il flusso pulsante che si genera per l'alternato passaggio entro la fessura dei denti d'acciaio e degli intervalli di bronzo induce nell'indotto una

corrente alternata di frequenza uguale al numero dei giri compiuti in un secondo moltiplicato per il



SEZIONE DELL'ALTERNATORE DI ALEXANDERSON



AVVOLGIMENTO INDOTTO

Fig. 30.

numero dei denti e questa frequenza può giungere fino a 200.000 per una potenza di 2 Kw.

Il Goldschmidt ed altri sono recentemente riusciti a generare oscillazioni elettromagnetiche ricavandole direttamente da correnti alternate trifasi. Una delle disposizioni più semplici di questo sistema, ideato dal Goldschmidt è quella indicata dalla fig. 31. Il rotore di una macchina alternativa è cortocircuitato mentre lo statore lo è per la corrente alternante

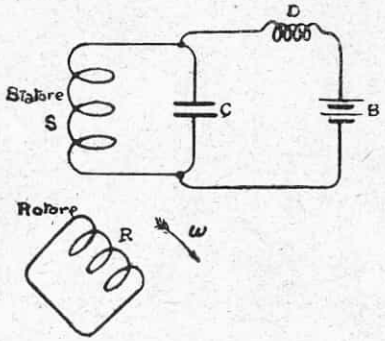


Fig. 31.

della capacità *C*. Eccitando lo statore con la corrente continua della batteria *B* si svilupperanno nel rotore — fatto girare a velocità w — correnti alternate a frequenza f. Il campo alternativo dovuto al rotore, e che ruota con questo, si potrà considerare come risultante di due campi ruotanti in senso opposto, con la stessa velocità angolare del rotore. Quello che ruota in senso opposto al rotore si potrà considerare come stazionario, e darà origine alla reazione del rotore sul campo prodotto dalla corrente continua,

ma quello che ruota nello stesso senso assumerà una velocità angolare $2\,w$, ed indurrà nel rotore correnti a frequenza $2\,f$. Scomponendo di nuovo queste correnti in componenti reattiva ed attiva, l'ultima creerà nel rotore correnti a frequenza $3\,f$, e così via.

La fig. 32 illustra una delle migliori disposizioni del Goldschmidt nella quale il principio della *ri-*

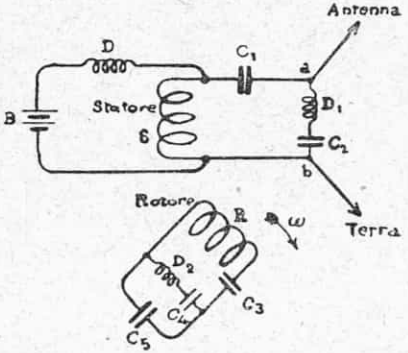


Fig. 32.

flessione delle correnti è combinato con quello della risonanza dei circuiti.

15. Veniamo ora ad esaminare il sistema di generazione delle alte frequenze mediante gli archi.

Il primo a produrre oscillazioni durevoli a mezzo di un arco fu Thomson nel 1892. Ma il fisico che realmente riuscì ad ottenere per il primo frequenze elevatissime fu nel 1900 il Duddel col suo famoso *arco musicale*. Si tratta del seguente fenomeno: se dai carboni di un normale arco voltaico A si fanno par-

tire due fili conduttori che vadano a ricongiungersi colle armature di condensatore *C* di adatta capacità attraverso l'interposizione di due selfinduzioni, i fili si fanno sede d'intense oscillazioni e l'arco emette un suono musicale caratteristico, la cui *nota* può variare col variare del regime elettrico (capacità e selfinduzione) del circuito. L'arco può essere alimentato da una dinamo *D* o da una batteria di accumulatori, nel cui circuito due resistenze *S* ed *S* impediscono

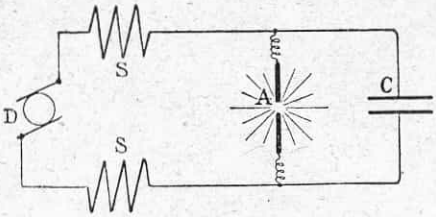


Fig. 33.

alle correnti oscillanti di scaricarsi attraverso la dinamo.

L'arco Duddel è un mezzo abbastanza semplice e pratico per generare oscillazioni ad alta frequenza; tuttavia il numero dei periodi non è ancora sufficiente per buoni usi radiotelefonici, giacchè sappiamo che il suono più elevato che può giungere al nostro orecchio tocca le 33.000 vibrazioni al m'': occorre dunque avere a disposizione una frequenza superiore a quel numero se vuolsi che tutti i suoni, dal più basso al più acuto, possano essere trasmessi e ricevuti radiotelefonicamente. Invece l'arco Duddel non rendeva che 10.000 all'incirca.

I fisici si misero all'opera e negli anni successivi i signori Campos, Banti, Blondel, Barkhausen, Salomonson ed altri riuscirono bensì a raggiungere maggiori frequenze fino a tre e quattrocentomila, con vari espedienti, ma senza mai ottenere intensità sufficienti per comunicazioni a grande distanza.

L'invenzione di un generatore ad arco che insieme risolvesse il problema dell'intensità e quello della frequenza si deve a Wladimiro Poulsen, il quale nel 1903 pensò di accendere l'arco non più nell'aria libera bensì nell'atmosfera di un gas possedente elevata conducibilità, come per es. l'idrogeno continuamente rinnovato. Inoltre, il Poulsen adottò, in luogo dei due carboni, un elettrodo positivo (anodo) metallico, costituito da un tubo di rame mantenuto costantemente freddo da una corrente d'acqua. Inoltre ancora il Poulsen pensò di circondare l'arco di un campo magnetico prodotto da due polarità normali agli elettrodi; ciò allo scopo di « fissare » stabilmente l'arco sempre fra gli stessi punti dei due elettrodi in modo che l'assenza completa di spostamenti della fiamma e la sua marcata immobilizzazione eliminassero una ragione di resistenza e di perdite d'energia e l'intensità dell'oscillazione si mantenesse elevata e costante.

La fig. 34 mostra un tipo della disposizione Poulsen. *D* è la dinamo generatrice che alimenta l'arco e, in derivazione, il campo magnetico *SN*. *D* è il vaso di vetro contenente l'idrogeno, nel quale sono immersi l'elettrodo di carbone e l'anodo di rame col suo dispositivo di raffreddamento acqueo. *C* è il condensatore per le oscillazioni e *P* è il primario del trasformatore d'aereo che serve ad irraggiare le onde nel modo che vedremo.

In altri dispositivi l'elettrodo di carbone è fatto lentamente girare attorno al suo asse: ciò allo scopo d'impedire l'inconveniente dell'allungamento della fiamma dovuto al progressivo formarsi del cosidetto cratere.

In luogo dell'idrogeno può servire ugualmente il gas illuminante, oppure si può ricorrere ad un altro

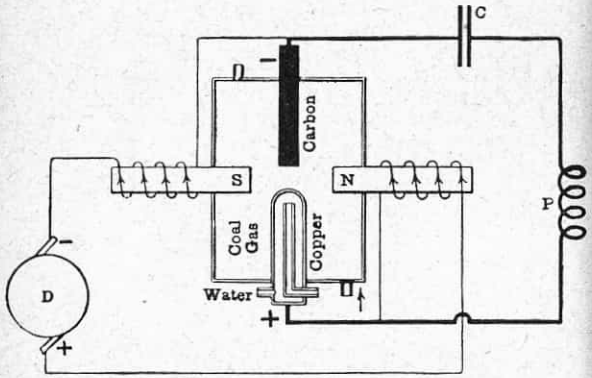


Fig. 34.

sistema equivalente a quello del gas: far cadere sull'elettrodo di rame dell'alcool goccia a goccia; l'alcool vaporizza e rende del pari assai condottiva l'atmosfera dell'arco.

Le fig. 35 e 36 mostrano la realizzazione tecnica dell'arco Poulsen, nel tipo specialmente destinato alla radiotelefonia. L'arco luminoso è verticale; l'elettrodo di rame è ad alette refrigeranti e trovasi nella parte superiore; l'elettrodo di carbone è formato da

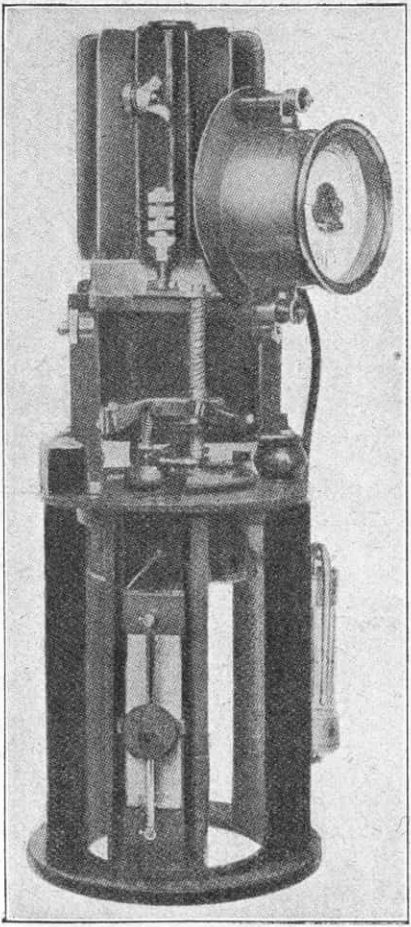


Fig. 35.

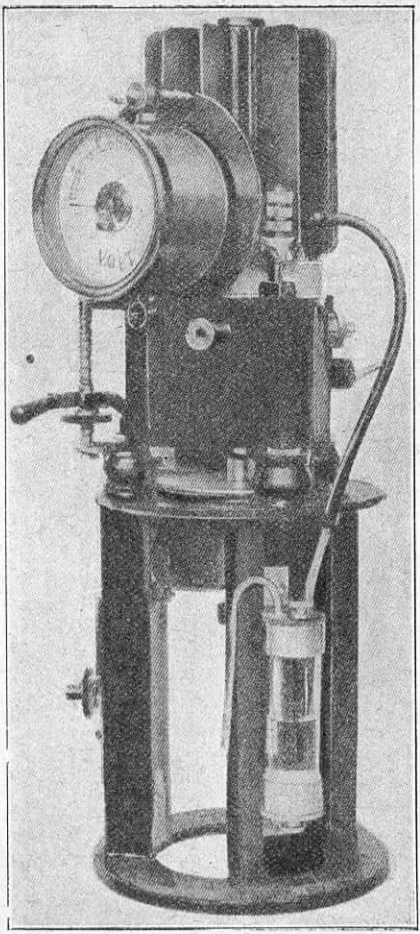


Fig. 36.

un blocchetto cilindrico assai basso rappresentato con *C* nella fig. 37 e trovasi nella parte inferiore.

Il campo magnetico è generato da un'unica bobina *S* provvista di nucleo interno verticale E_1, che alla sua estremità superiore va ad innestarsi coll'elettrodo di carbone.

Le linee di forza del campo magnetico circondano l'arco fra i due elettrodi e vanno a ricongiungersi sopra un anello di ferro *E*, calettato intorno alla estremità inferiore dell'elettrodo di rame *Cu*. Il campo magnetico agisce in guisa che l'arco luminoso gira lentamente in circolo, toccando successivamente tutti i punti degli elettrodi ed evitando così il loro logorio. L'idrogeno è immerso nella scatola *voltaica* contenente l'arco, in forma di corrente gasosa fornita da un piccolo gasogeno o da un apparecchio ad acqua e idrato di calce che nella fig. 36 è visibile in basso con i suoi tubi di raccordo, all'istessa altezza di un comune reostato.

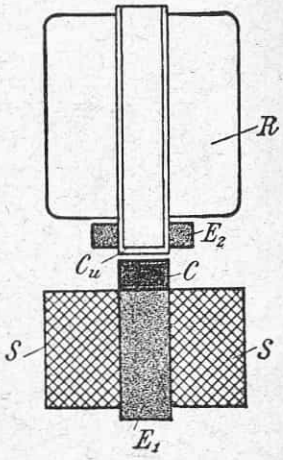


Fig. 37.

Coll'arco Poulsen si ottengono frequenze anche superiori al milione.

Un tipo Poulsen ad arco orizzontale è quello rap-

presentato dalla fig. 38. In questa disposizione l'elettrodo di rame è fatto ruotare sul proprio asse da un movimento d'orologeria, mentre l'elettrodo di car-

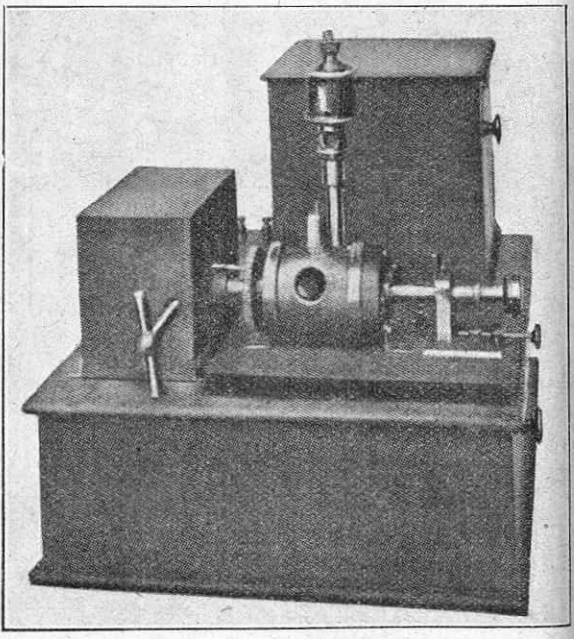


Fig. 38.

bone può essere di tanto in tanto girato a mano mediante un tamburello di ebanite visibile sul lato destro della figura ed anche avvicinato od allontanato dal-

l'altro elettrodo mediante una vite micrometrica. La *camera voltaica* ha, sul davanti, un'apertura per la fuoruscita dei residui di combustione del gas. L'atmosfera carburata della camera voltaica si ottiene mediante una specie di lubrificatore verticale rappresentato nel centro della figura, il quale lascia cadere goccia a goccia sull'elettrodo di rame dell'alcool distillato che subito volatizza.

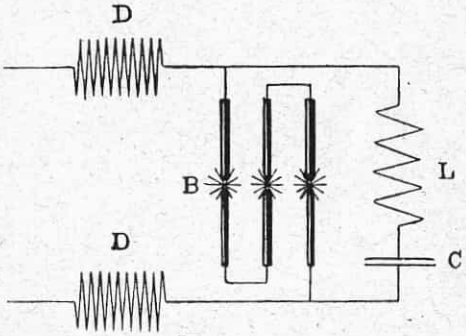


Fig. 39.

In questo dispositivo per piccole distanze il campo magnetico è intieramente soppresso. Le frequenze che si ottengono sono sempre superiori ai 100.000. La base in legno di quest'apparecchio contiene un reostato, apparecchi di misura, interruttore, e carboni di ricambio.

Per aumentare l'energia delle oscillazioni, la quale d'altronde cresce per una tensione critica mentre la frequenza diminuisce, Poulsen, Campos ed altri

proposero di montare in quantità od in serie parecchi archi in luogo di uno solo. In questo caso anche senza la speciale atmosfera d'idrogeno e senza campo magnetico si riesce ad avere ugualmente un buon oscillatore.

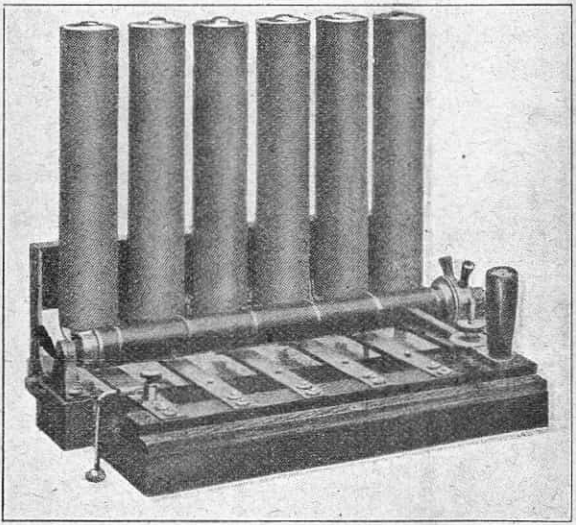


Fig. 40.

La fig. 39 mostra un arco triplo, in serie, *B*, derivato da un circuito contenente, pure in serie, due selfinduzioni *D*, il primario di un trasformatore *L* ed un condensatore *C*. La Società Telefunken ha realizzato tecnicamente vari tipi di questi generatori ad alta frequenza, uno dei quali, assai usitato, è quello

della fig. 40, nella quale l'arco è *sestuplo*. L'accordo di ciascun elemento è composto di un cilindro di lamiera riempito d'acqua, il cui fondo è formato da una placca di rame concava *A* (vedi fig. 41). Nella concavità del rame penetra l'elettrodo di carbone *B*, costituito da un corto bastone di carbone omogeneo terminante in calotta sferica.

L'accensione degli archi e la loro regolazione con-

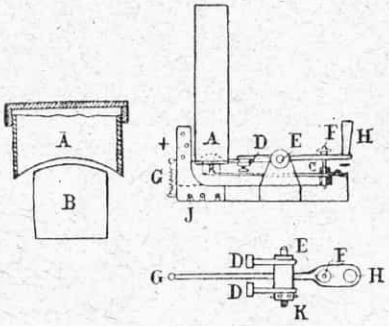


Fig. 41.

temporanea ed uguale è ottenuta in questo modo: Ogni carbone è sopportato da una molla *C*, la quale tenderebbe a mantenere il carbone in contatto col rame *A*, ma ne è impedita da due martelletti *DD*, calettati sullo stesso asse di una leva *H*, con manico isolante (quella rappresentata in nero, sulla destra della fig. 40). La leva *H*, tirata dalla molla *G*, è sempre in contatto colla vite *F*: se dunque si gira la vite, vengono con ciò a regolarsi opportunamente le forze

antagonistiche di G e di C e la distanza tra i carboni e gli elettrodi di rame può essere regolata essa pure. Se invece si preme, in entrambe, il manico della leva e subito lo si abbandona, la manovra è sufficiente per accostare un momento l'uno all'altro tutti gli elettrodi e gli archi istantaneamente si accendono. Poichè il consumo degli elettrodi di carbone è relativamente lieve in conseguenza della forma concava degli anodi di rame, si possono per lungo tempo mantenere accesi gli archi senza inconvenienti purchè, ogni tanto, si abbia l'avvertenza di manovrare un dispositivo appropriato (vedi cilindro orizzontale nella fig. 40), il quale consente una certa regolazione contemporanea di tutti i carboni.

Sempre col metodo Poulsen, la Casa Ducretet di Parigi ha realizzata una disposizione di quattro archi in parallelo, assai vantaggiosa per la telefonia senza fili a piccole distanze. In questa disposizione i quattro archi hanno luogo fra carboni verticali e cilindri di rame orizzontali D raffreddati da una circolazione d'acqua. L'accensione degli archi si ottiene automaticamente per mezzo degli elettromagneti E, sui quali sono montati gli elettrodi di carboni, manovrando il corsoio C' della resistenza R, mediante la quale, ad accensione avvenuta, è anche possibile mantenere in modo automatico la regolazione della distanza fra gli otto elettrodi. Gli archi sono contenuti in una comune camera voltaica, nella quale si fa circolare una corrente di gas illuminante. A_1 A_2 A_3 sono apparecchi di misura; F ed F' sono due selfinduzioni che impediscono alle correnti oscillanti generate dagli archi di scaricarsi attraverso la dinamo.

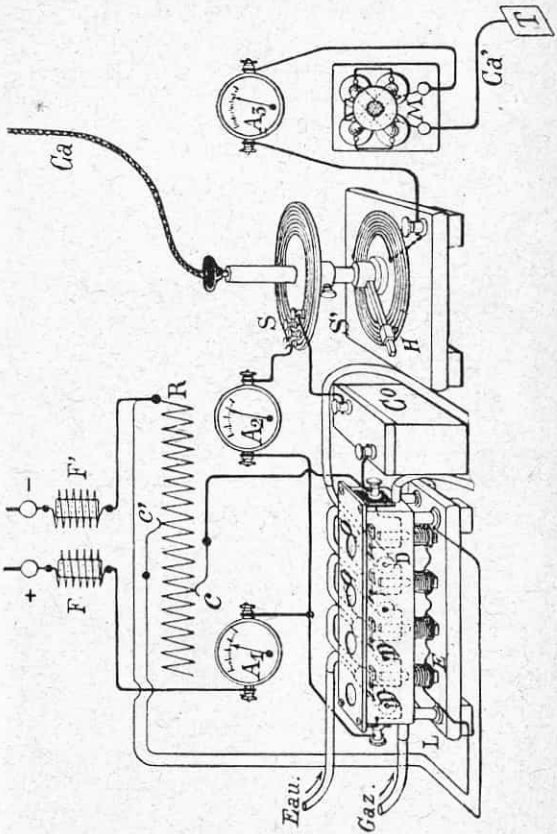


Fig. 42.

Il circuito oscillante è dato da una derivazione degli archi su A_2, il primario S di un trasformatore d'aereo e un condensatore Co. Il corsoio C serve per regolare la tensione della corrente; le aperture O servono per sorvegliare l'interno della camera voltaica. Gli altri elementi dello schema della fig. 42 fan parte del complesso radiotelefonico di cui riferiremo più innanzi.

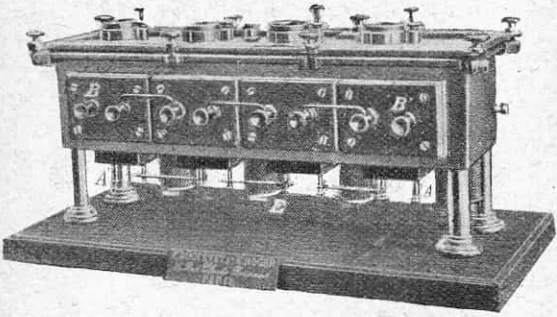


Fig. 43.

16. Il metodo della generazione di alte frequenze mediante gli archi fatti brillare nei vapori di mercurio si basa sulla nota invenzione della lampada di Cooper-Hewitt inserita in un ordinario circuito del Duddel al posto dell'arco.

La lampada Cooper-Hewitt è costituita da un recipiente sferico, o da un tubo di vetro ripieno di vapori di mercurio e contenente due elettrodi: un catodo di mercurio e un anodo di ferro. Tale lampada può essere ed è usata per illuminazione consumando po-

chissima energia, ma serve specialmente per esperienze scientifiche, essendo la sua luce molto carica di raggi ultravioletti. Agli effetti radiotelefonici essa si rende utile godendo di questa singolare proprietà: che, inserita in un circuito a corrente alternata, essa non permette il passaggio della corrente se non allorquando la differenza di potenziale tra i due elettrodi ha raggiunto un elevato valore critico. Da quel momento la lampada si lascia attraversare dalla corrente, ma non appena la differenza di potenziale discende

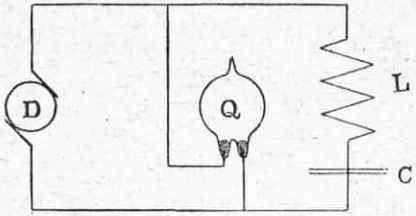


Fig. 44.

al disotto del punto critico subito la corrente cessa e il passaggio non può ripristinarsi se non allorquando il potenziale raggiunge di nuovo il valore assoluto, e così di seguito. Il fenomeno fu sfruttato dall'inventore allo scopo di generare correnti oscillanti ad elevata frequenza. All'uopo, il Cooper-Hewitt dispose gli apparecchi come è mostrato nella fig. 44, nella quale *Q* è la lampada a vapori di mercurio inserita in derivazione nel circuito di una dinamo *D*, di una selfinduzione *L* e di un condensatore *C*.

La corrente dell'alternatore, nei momenti in cui

la lampada non le dà passaggio, carica i condensatori, i quali poi si scaricano producendo oscillazioni elettriche al momento in cui la lampada diventa conduttrice; ma ciò non dura che meno di mezzo periodo dell'alternatore perchè, quando la tensione di questo discende al punto critico inferiore, la corrente attraversante la lampada si arresta di nuovo, i condensa-

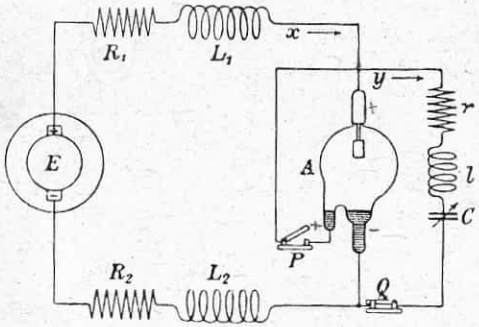


Fig. 45.

tori si caricano nuovamente, e ne segue un'altra scarica e così via.

La lampada funziona dunque come un interruttore, col quale si può ottenere una enorme velocità di interruzione regolabile a piacere. Le scariche nel vuoto di questa lampada non sono soggette alle irregolarità delle scariche nell'atmosfera ordinaria: egli è facile perciò generare con questo mezzo oscillazioni persistenti che in certe disposizioni del Simon e Reich e del Campos raggiunsero financo il milione di periodi.

Un dispositivo con lampada al mercurio, dovuto al Leibtneitz è quello rappresentato dalla fig. 45, il quale permette di collegare temporaneamente (o stabilmente) l'anodo ausiliario con il polo + della dinamo, al fine di innescare il passaggio della corrente. L'interruttore *Q* chiude il circuito *r*, *l*, *C*, in cui dovrebbero prodursi le oscillazioni. Nelle esperienze preliminari eseguite con questo dispositivo la tensione di alimentazione poteva variare fra 240 e 750 volts e la corrente si aggirava intorno ad 1 volt. Non fu possibile generare in questo modo oscillazioni persistenti nel circuito derivato sebbene la previsione teorica le facesse possibili pur limitandone il rendimento previsto a meno del 50 %. Ulteriori esperienze sono in corso e l'A. confida di ottenere in seguito risultati più concludenti.

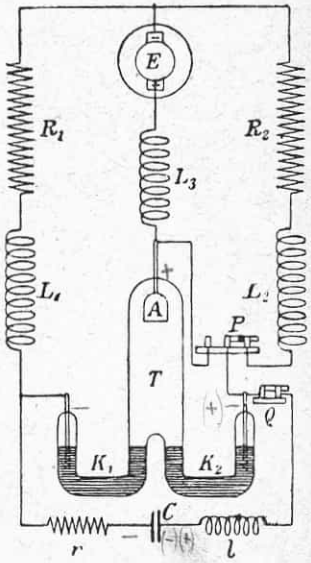


Fig. 46.

Intanto egli ha anche sperimentato con un dispositivo a due catodi rappresentato schematicamente in figura 46. L'innescamento del passaggio di corrente

nel tubo si ottiene mediante il commutatore P; infatti, chiudendolo a sinistra ed inclinando leggermente il tubo fino a far comunicare per un istante le due colonne di mercurio, si inizia l'accensione, che si mantiene poi fra l'anodo A (di ferro o di grafite) ed il catodo K, quando si apre P. Chiudendo poi P a destra ed inclinando di nuovo il tubo fino a far comunicare temporaneamente i due catodi fra loro, si dà luogo al passaggio di corrente anche fra A e K_2. Durante tutte queste manovre preparatorie l'interruttore Q del circuito derivato r, C, l, deve restare aperto. Chiudendolo quando il tubo è a regime, la distribuzione della corrente nei due rami AK_1 ed AK_2, tende a squilibrarsi e a produrre così delle oscillazioni nel circuito derivato.

Riguardo alle esperienze con questo dispositivo l'A. si limita a riferire che la corrente oscillatoria nel circuito derivato raggiungeva al massimo un valore efficace di 1, 25 amp. e che usando per C valori compresi fra 0,002 e 0,0002 μF non fu possibile ottenere il regolare innescarsi delle oscillazioni per valori della induttanza l minori di 0,020 H. Perciò le oscillazioni più rapide avevano una frequenza non superiore agli 80.000 periodi.

17. Passiamo ora ad esaminare il quarto metodo di produzione delle alte frequenze radiotelefoniche: quello degli spinterometri « soffiati ».

Noi sappiamo che nelle oscillazioni smorzate prodotte dagli ordinari spinterometri fissi della radiotelegrafia esistono fra un *treno d'onda* e l'altro cospicui intervalli di « silenzio » dovuti essenzialmente all'inerzia del condensatore al quale occorre un certo

tempo per la carica e scarica. Ma vi è un altro elemento che dirada e distanzia l'un treno dall'altro ed è la *jonizzazione* dell'aria prodotta dalla scintilla presso allo spinterometro. L'aria jonizzata è resa buona conduttrice dell'elettricità ed appena finita la scarica lascia per un certo tempo una specie di *ponte* buon conduttore tra una sferetta e l'altra: durante questo tempo il condensatore che sia scarico non può cominciare a ricaricarsi perchè il ponte ionizzato lo mantiene in corto circuito; il condensatore comincia a ricaricarsi solo allorquando, dopo qualche istante, l'aria si ricambia e perde la sua ionizzazione. Naturalmente questo periodo di tempo (qualche centesimo di m'') è tutto *perduto* agli effetti della frequenza dei treni d'oscillazioni.

Si avverte dunque che per avere un maggior numero di scintille basterà dissipare con un mezzo meccanico qualunque la facoltà conduttrice del ponte fra le due sfere. A tal fine vennero proposti vari mezzi: quello di far *ruotare* gli spinterometri in modo che il loro spostamento velocissimo nell'aria li togliesse continuamente dagli spazi ionizzati (e di questo vedremo a suo tempo), quello di far agire lo spinterometro in un campo magnetico su per giù nei modi adottati nell'arco Poulsen, e di questo non parliamo trattandosi di un modo ormai disusato perchè poco efficace; e finalmente quello di *soffiare* direttamente tra le sfere dello spinterometro correnti d'aria o di gas mediante macchine apposite. Inoltre v'è anche il metodo Lepel-Telefunken, di cui faremo parola.

Di generatori ad elevate frequenze ottenute a mezzo di spinterometri *soffiati* vi sono moltissimi tipi. Nel

1903 il prof. Quirino Maiorana ne suggerì uno, di

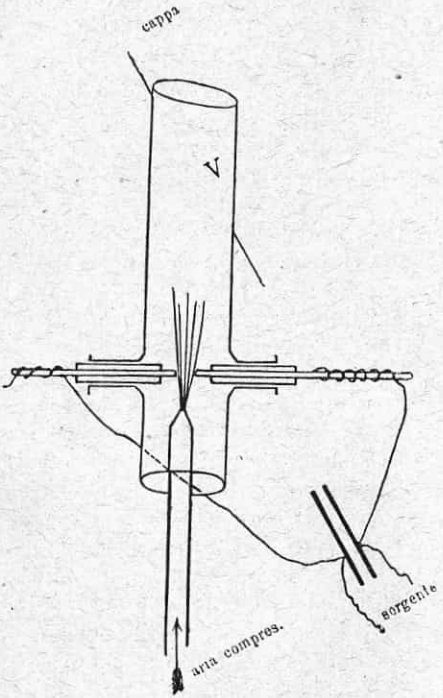


Fig. 47.

cui lo schema è rappresentato dalla fig. 47 in modo che non abbisogna di alcuna spiegazione.

Il *soffiatore*, di vetro, aveva una bocca di efflusso del

getto d'aria di 1,5 mm. di diametro e l'aria proveniva da un recipiente nel quale si manteneva una pressione costante di 6 atmosfere. Gli elettrodi dello spinterometro erano filiformi, in platino o in ferro, del diametro di 2 mm. e venivano ravvicinati man mano si consumavano.

In luogo dell'aria compressa può essere usato il vapore acqueo o l'anidride carbonica.

Il condensatore, della capacità di 0,0002 mf., era, nella disposizione Maiorana, unito ad un trasformatore Siemens, nell'olio, capace di assorbire 10 kw. e di fornire una differenza di potenziale massima di 100.000 volts. Detto trasformatore veniva alimentato da una corrente alternata a 42 periodi, 35 ampères.

Con questa disposizione il Maiorana riuscì ad ottenere fino a 10.000 periodi.

Una buona realizzazione tecnica dell'oscillatore soffiato è quella della Casa Ducretet, di cui alla fig. 48. La scintilla scocca tra *C* ed *S*. *S* è una sfera di rame isolata sul sopporto di porcellana *I* e congiunta all'oscillatore mediante il serrafilo *B*. Detta sfera montata sopra l'asse della puleggia *P* subisce un lento e continuo movimento di rotazione cui provvede, mediante una cinghia, l'asse prolungato del motorino *M*. *C* è l'imboccatura di un tubo di ebanite *V* nel quale una centrifuga animata da *M* immette un poderoso soffio d'aria che va ad urtare la sfera. Le scintille scoccano tra l'orlo dell'imboccatura e la sfera e vengono vivacemente soffiate dall'aria. *I'* è il sostegno isolante di *C*, collegato per mezzo del serrafilo *B* al secondo filo dell'oscillatore; *Bo* è una vite microme-

trica che permette di accorciare più o meno la distanza esplosiva; *D* è una seconda vite che permette di spostare lateralmente la sfera *S* quando il suo maggior meridiano centrale fosse logorato od ossidato dalle scintille.

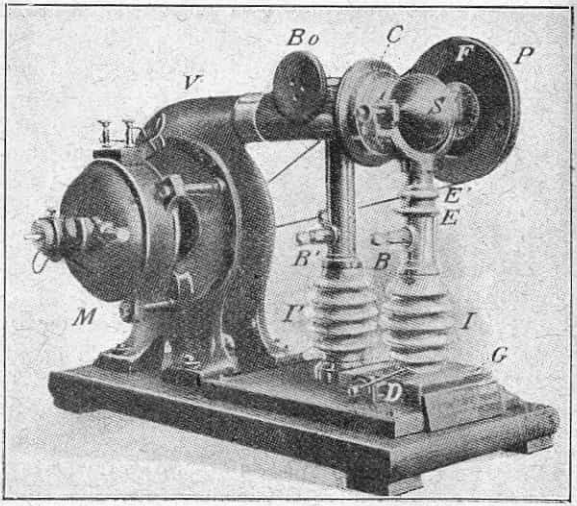


Fig. 48.

18. Un quarto tipo di generatore ad elevata frequenza è quello di Lepel-Telefunken, detto « a scintilla musicale ». Lo spinterometro di questa disposizione è costituito da due, sei od otto ed anche dodici dischi piani affacciati coppia a coppia alla distanza di pochi decimi di millimetro.

I dischi sono metallici e vengono mantenuti freddi da una corrente d'acqua; fra l'uno e l'altro di ciascuna coppia è interposto un sottilissimo anello di mica e per evitare che la scintilla scocchi di preferenza all'orlo della mica, i dischi presentano in corrispondenza di essa delle concavità. Nel sistema Lepel originario (vedi figura 49), oltre alla mica *m*, eravi nella parte periferica dei dischi un sottilissimo foglio di

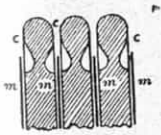


Fig. 49.

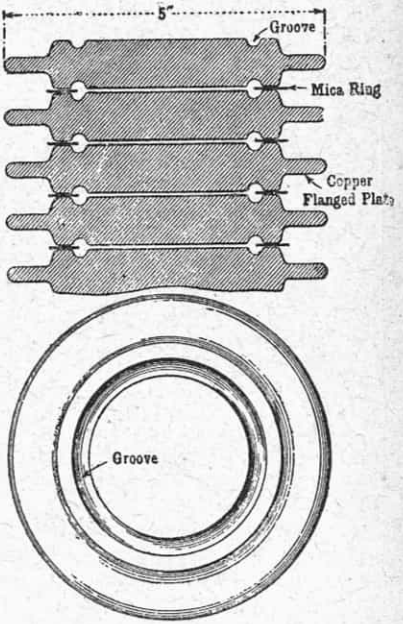


Fig. 50.

carta *c* con un forellino in mezzo, attraverso il quale scoccava la scintilla. L'ufficio delle larghe superfici metalliche è quello di eliminare l'ionizzazione dell'aria e, d'altronde, sarebbe all'uopo sufficiente il

raffreddamento dei dischi essendo l'elevata temperatura un coefficiente d'ionizzazione.

L'esploditore Lepel, inserito in un ordinario circuito Duddel a 500 volts nel primario può rendere fino a 10.000 periodi al secondo, irradiando sufficienti energie per comunicazioni radiotelefoniche a media distanza.

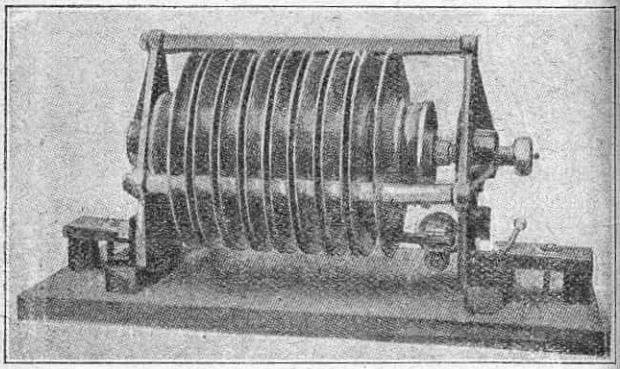


Fig. 51.

Le figure 50 e 51 mostrano rispettivamente l'organizzazione e la realizzazione tecnica di un esploditore Lepel-telefunken che in telefonia senza fili è stato qualche volta adoperato a semplice titolo di esperienza.

19. Un quinto metodo di generare alte frequenze è quello di far uso di spinterometri *multipli*, in modo che la scintilla sia frazionata e per conseguenza la

maggiore facilità di scarica renda meno inerte il trasformatore, mentre le scintille, essendo più piccole, ionizzano meno l'aria. Inoltre, in questi sistemi, non mancano mai i mezzi di raffreddamento.

Una delle disposizioni più comuni di questa categoria è quella dell'oscillatore a cilindri della Compagnia Generale Radiotelegrafica di Francia, rappresentato dalla fig. 52. Esso consta di quindici coppie di esploditori cilindriformi, affiancati, la cui parte mediana è protetta da involucri di ebanite. La distanza esplosiva è piccolissima e la scintilla dell'oscillatore (il solito circuito Duddel) viene così suddivisa in quindici scintilline. Tutti i cilindri sono obliquamente montati sopra un quadro isolante, cogli elementi inferiori di ogni coppia fissati al quadro e solo suscettibili di lievi spostamenti angolari attorno ad un perno, mentre gli elementi superiori possono scorrere per circa un centimetro nelle incollature di altrettante branchette. Tutte le branchette sono fisse ad un telaio di ebanite, il quale telaio, a mezzo di una vite micrometrica visibile sulla destra della figura, può subire spostamenti laterali in modo da accorciarè od allungare ugualmente la distanza esplosiva delle scintille.

Il dispositivo della C. G. R. può rendere frequenze dalle 8 alle 10.000 e fu, in qualche caso, usato in radiotelefonia per piccole distanze, ma bene si comprende come la udibilità del suo continuo suono musicale non ne consenta una seria applicazione.

Un altro tipo ad esploditore multiplo della stessa Compagnia è quello rappresentato in fig. 53. Il circuito dell'oscillatore fa capo a *B* e *C*, e le scintille

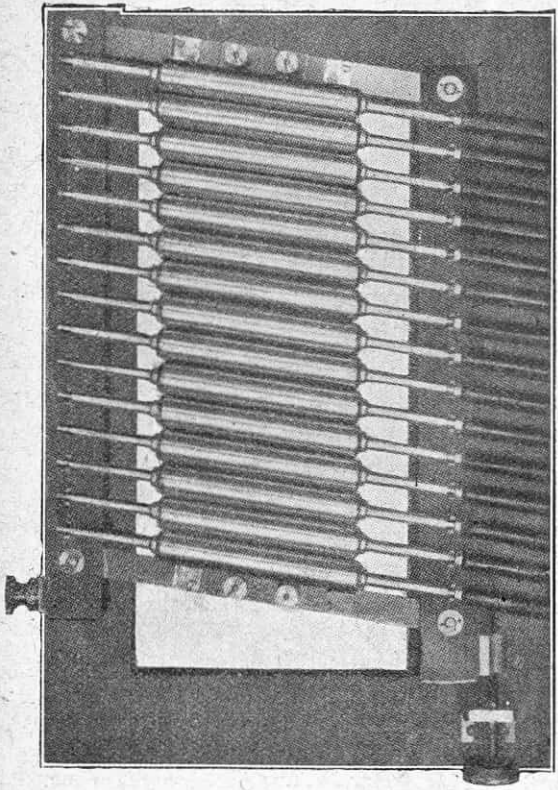


Fig. 52.

scoccano orizzontalmente fra gli elettrodi *a*. Volendo ridurre il numero delle scintille — a seconda dell'energia che si ha disponibile — si possono abbassare le asticelle *b* che mettono le sottostanti coppie in corto circuito. Per mantenere sempre uguale la distanza esplosiva si è disposto tra ogni coppia di elettrodi *a* un piccolo condensatore *c*, in serie col

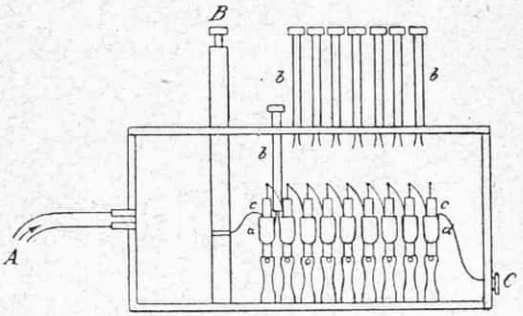


Fig. 53.

vicino. Le coppie sono racchiuse in una camera voltaica raffreddata da una corrente d'aria alimentata da un ventilatore per mezzo del tubo *A*.

Se il soffio d'aria è potente e le distanze esplosive opportunamente regolate, questo tipo di oscillatore è capace di raggiungere frequenze fino a 20.000.

20. Un sesto sistema di generare oscillazioni rapidissime consiste nell'inserire nel primario dell'oscillatore di tipo normale un interruttore che provochi

un gran numero di scariche per m''. Anche questo sistema che non raggiunge periodi elevati, è ormai in disuso nella radiotelefonia e serve soltanto per esperienze da gabinetto. Ne riferiamo perciò brevemente.

Un tipo d'interruttore rapido fu costruito nel 1902 dal prof. Maiorana (vedi fig. 54), il quale così lo de-

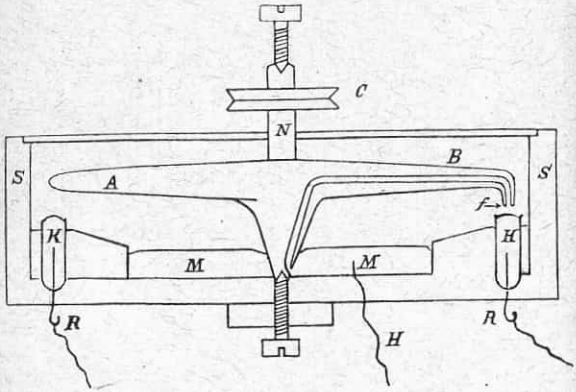


Fig. 54.

scrive: « Una scatola di legno *S* contenente nel suo fondo del mercurio sostiene un asse girante *N* imperniato sul cielo e sul fondo della scatola. L'asse è di acciaio e di tal metallo è pure un braccio *AB* rigido con l'asse. Un foro longitudinale traversa la metà destra del braccio *AB*, terminando da un lato in una piccola apertura (mm. 0,7) orizzontale *f*, dall'altra in un foro praticato nella parte dell'asse *N*

più bassa del livello del mercurio *M*. Per forza centrifuga, quando l'apparecchio è posto in rotazione mediante la puleggia *C*, il mercurio viene assorbito attraverso il foro anzidetto e lanciato in un sottil getto quasi verticale, dall'apertura *f*. Questa percorre una circonferenza al di sotto della quale si trova una serie di bicchierini di vetro come *K*, incassati parzialmente nello spessore del fondo della scatola, e traversati alla base da fili di platino *R*. tutti insieme collegati. I bicchieri, in un modello da me costruito, hanno il diametro di 5 mm., sono in numero di 10 e son fissati su di una periferia di circa 18 cm. di diametro. In essi si precipita, per la rotazione del getto, il mercurio, e dopo qualche istante essi ne sono completamente riempiti; l'apparecchio continua allora a funzionare regolarmente, giacchè il mercurio eccedente, senza formar corto circuito tra i bicchierini e il serbatoio *M*, ricade in questo rifornendolo continuamente. L'apparecchio inserito con i suoi due reofori *R*, *H*, in un circuito, ne provoca regolari interruzioni. Poichè è facile conferire al braccio *AB* una velocità persino di 100 giri al minuto secondo, si intende come si possono ottenere sino a 4000 interruzioni in quel tempo. Un rocchetto di induzione a cui sia applicato questo interruttore può dare scariche ad elevato potenziale tanto numerose; la loro distanza esplosiva diminuisce però notevolmente al crescere della velocità dello interruttore. Per esempio, mentre con 40 interruzioni al minuto secondo si possono trarre scintille di 10 cm., quando la corrente primaria ha una forza elettromotrice di 12 volts, occorre elevare questa a 75 volts se con

4000 interruzioni si vogliono ottenere scariche di soli 3 cm. ».

Il Maiorana suggerisce anche l'impiego di interruttori di Wenhelt, ma è evidente che nella pratica radiotelefonica essi non possono essere che di scarsa utilità, data la loro frequenza d'interruzioni difficilmente superiore ai 4000 per m".

21. E veniamo ad un sistema veramente moderno e pratico di generazione delle alte frequenze, qual'è quello degli « archi umidi », nei quali si fa uso di vene liquide in concomitanza colle fiamme degli archi.

Delle vene liquide torneremo a riferire particolarmente più avanti — quando parleremo dei modi di « modulare » le oscillazioni, il che, come avvertimmo, costituisce la *seconda parte* del problema radiotelefonico; — diciamo frattanto che taluni inventori hanno pensato di ricorrere ad esse per aumentare la frequenza di oscillazione degli archi.

Consideriamo infatti la disposizione della fig. 55. Siano P ed N due elettrodi di metallo posti perpendicolarmente l'uno sull'altro come i carboni di un arco voltaico. L'un d'essi, l'anodo, è forato lungo il suo asse ed è attraversato da una vena d'acqua alimentata da un serbatoio qualunque. I due elettrodi sono inseriti in un ordinario circuito del Duddel con la solita capacità C e la solita selfinduzione P. Portati ad altissimo potenziale i due elettrodi dànno luogo alla scarica, ma proprio in quel mentre una gocciolina d'acqua acidulata s'insinua nel mezzo. Che cosa avviene? La goccia prende la forma di una sferula e il piccolo strato gassoso generato dall'incandescenza

degli elettrodi forma improvvisamente una forte resistenza che isola gli elettrodi stessi e interrompe la scarica. È un fenomeno pressochè analogo a quello che si verifica sulla punta di platino dell'interruttore Weschelt. Per meglio comprenderlo si pensi a ciò che accade se si lascia cadere una goccia d'acqua sopra una lastra metallica rovente. La goccia, anzichè trasformarsi in vapore, prende la forma di una

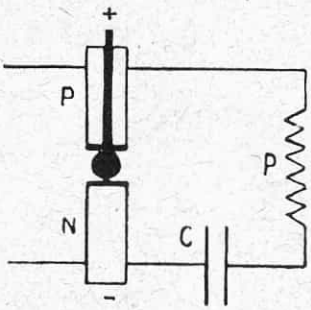


Fig. 55.

piccola sfera che ballonzola sulla lastra rimanendone distaccata per un po' di tempo finchè il calore la vince e l'acqua svapora; ciò è dovuto al fatto che tra la goccia e il metallo s'interpone uno straterello gassoso che fa da isolante.

Questo fenomeno è detto *calefazione*.

La goccia, dunque, caduta in mezzo agli elettrodi di cui parlammo dà luogo ad uno strato isolante e interrompe la scarica. Subito dopo, però, la sferula

volatizza e la scarica può passare di nuovo. Ma la vena liquida sgorgante dall'elettrodo *P* è pronta senz'altro a fornire una nuova goccia, sicchè il fenomeno della calefazione si verifica ancora, ed ancora una volta la scarica si rompe. Nuovamente la sferula si volatizza, nuovamente il circuito dell'arco viene ristabilito e così di seguito finchè l'apparecchio funziona. L'interessante è che un simile processo d'interruzione ha luogo centinaia di migliaia di volte al minuto secondo, sicchè una disposizione di questo genere è senz'altro idonea a fornire oscillazioni della frequenza più alta che abbisogni in radiotelefonia, e questo che abbiamo descritto — brevettato nel 1911 dal dott. Riccardo Moretti — è uno dei migliori sistemi di generazione delle onde durevoli.

Un perfezionamento all'oscillatore del Moretti è stato escogitato dal signor G. B. Marzi, inventore di un « arco umido » basato sullo stesso principio della calefazione, ma costruito in forma diversa.

Nella disposizione del Marzi uno degli elettrodi è mobile e costituito da uno spesso disco di rame che ruota continuamente, mosso da un motorino elettrico, con la velocità di circa 35 giri al secondo; l'altro è costituito da un pezzo cilindrico, pure di rame, che può essere avvicinato alla periferia del disco ruotante per mezzo di viti micrometriche nell'istesso modo come si presenta l'utensile sul tornio al pezzo da tornire. Nel nostro caso l'elettrodo fisso non va a strisciare sul disco, ma se ne trattiene distante di quanto occorre per la formazione dell'arco, ed è appunto in questo spazio che viene a cadere la vena liquida.

L'elettrolisi e la calefazione agiscono sull'arco del Marzi nell'istesso modo che nel dispositivo del Moretti: dànno luogo, cioè, alla formazione di bolle gassose che interrompono la corrente erogata al circuito con una frequenza superiore a 150.000 volte al minuto secondo. Una frequenza così elevata e così regolare com'è possibile ottenere col dispositivo del Marzi dà luogo alla formazione di « treni d'onda » nei quali lo smorzamento è ridotto al minimo e il sistema di oscillazione può quasi ritenersi del tipo « persistente » o durevole.

Le fig. 56 e 57 rappresentano in fotografia l'*arco umido* del Marzi. Sulla destra si scorge il motore, sul prolungamento del cui asse è montato il disco o, meglio, son calettati i *due* dischi, perchè, a rendere più costante e sicuro il funzionamento del sistema, il Marzi è ricorso all'uso di *due* dischi e di due elettrodi fissi.

Anteriormente al motore si nota il reostato per l'avviamento e il governo della velocità. I due pezzi cilindrici sporgenti recano impugnature e viti micrometriche in ebanite per l'adatto regolaggio della distanza dai dischi.

Il tutto è montato in un telaio ben isolato sul cui fondo una cassetta di maiolica raccoglie dell'acqua acidulata sfuggita all'elettrolisi.

Il Marzi presentò per la prima volta questo suo dispositivo nel 1911 all'Esposizione di Genova ottenendone eccellenti risultati in accoppiamento con un circuito Duddel, e si può affermare senz'altro che detto apparecchio è, tra i moltissimi proposti, quello che finora fornisce insieme alle frequenze più

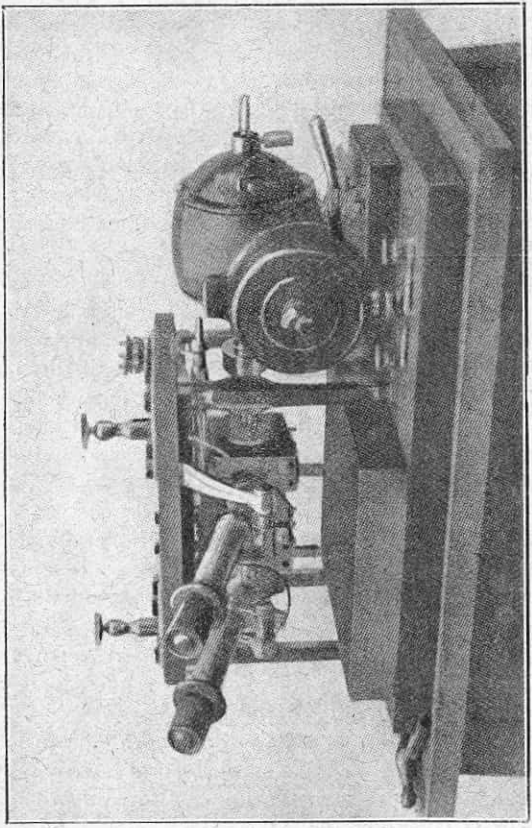


Fig. 56.

elevate una costanza di funzionamento ed una semplicità di mezzi tali da renderlo assolutamente *pratico* nel campo della radiotelefonia.

22. Passiamo ora ad un altro sistema abbastanza moderno e razionale per ottenere oscillazioni del ge-

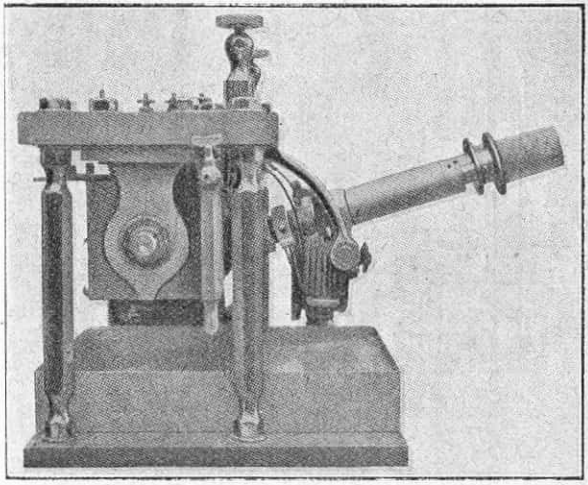


Fig. 57.

nere « persistente », o quasi: gli oscillatori con spinterometri rotativi.

Un tipo classico di questa categoria è quello Maiorana. Esso è costituito da un grosso disco di ebanite di circa 30 cm. di diametro, calettato sull'asse di un motore elettrico. Il disco porta sulle due faccie

opposte due anelli di rame che sono congiunti a due fili metallici affacciati a mo' di spinterometro. Sugli anelli sfregano le spazzole di un alternatore, la energia del quale è portata alle due sfere tra cui scoccano le scintille. Esse, soffiate violentemente dall'aria durante il moto vorticoso del disco, si separano con grande facilità fino al punto che il loro *periodo* può raggiungere la cifra di 10.000 per minuto secondo.

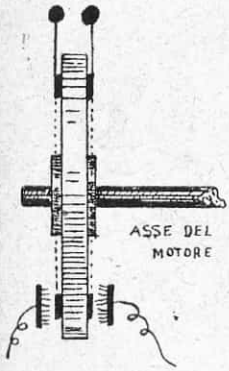


Fig. 58.

La lunghezza totale dell'asse del motore all'estremo delle sferette dello spinterometro è di 70 cm. Nella figura non è rappresentato un secondo braccio esattamente uguale al primo e fissato in direzione opposta, che impedisce al motore, girando, di essere scosso per forza centrifuga. Il motore è asincrono, della potenza di ¼ di HP, della frequenza di 42 periodi e della velocità di circa 20 giri al m″, in modo che la velocità periferica dell'esploditore è di circa 90 metri al m″.

Scrive il Maiorana: « Le scintille preferiscono scoccare attraverso i punti più eccentrici dei fili talchè questi si consumano gradatamente raccorciandosi poco alla volta, sotto l'azione corrodente delle molteplici scintille. La distanza esplosiva rimane però sensibilmente costante, giacchè i fili sono paralleli. Si intende dunque il vantaggio di questa disposizione,

l'apparecchio potendo funzionare per qualche ora, senza bisogno che il motore venga fermato; inoltre quando i fili si sono logorati completamente, possono assai facilmente essere cambiati. Poichè i motori che ordinariamente fornisce il commercio compiono un giro ogni due periodi completi della corrente alternata motrice (corrente che è quella stessa che genera le scintille), si osserva, per la persistenza delle immagini sulla retina, un cerchio luminoso su cui

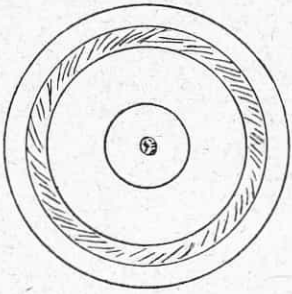


Fig. 59.

sono distribuite le scintille, diviso in quattro settori (fig. 59), ciascuno dei quali corrisponde a mezzo periodo. Se il motore fosse esattamente sincrono, i quattro settori luminosi apparirebbero assolutamente fermi, ma con motori asincroni, i cui rotori, cioè, girano più lentamente del campo, il cerchio luminoso, individuato dai quattro settori, gira lentamente in senso contrario a quello dei rotori stessi, dando così una indicazione ed anche una misura dello *slip* dei motori.

Un'ottima disposizione a spinterometro rotativo è quella della Compagnia Marconi, adottata a Clifden. L'energia è fornita all'oscillatore, sotto forma di corrente continua, da una batteria di accumulatori di 6000 elementi riuniti in serie e della capacità di 40 ampères-ora. La differenza di potenziale alla scarica è di circa 12.000 volts e può raggiungere i 15.000 quando in serie cogli accumulatori si riuniscano le tre dinamo di corrente continua che servono per caricarli. Le estremità della batteria sono collegate, coll'intermediario di bobine di self *C C* (v. fig. 60), ad un grosso condensatore ad aria e, in derivazione, a due dischi giranti *b b* che formano uno degli elementi dello spinterometro. L'altro elemento è costituito da un terzo disco, il cui piano è perpendicolare a quello dei primi due, e che gira con la velocità di circa 200 metri al secondo chiudendo periodicamente, con leggero strofinio di elettrodi trasversali, il circuito della corrente sui dischi gemelli.

La frequenza ottenuta con questa disposizione attinge ai 45.000 periodi al secondo e la durata di ciascuna coppia di scintille (contemporaneamente scoccanti mentre ciascun elettrodo del disco centrale si allontana o si avvicina ai dischi laterali) è, praticamente, quella di un'oscillazione completa, cioè dire di un intiero periodo. Essendo il circuito primario bruscamente interrotto ad ogni scintilla, le oscillazioni derivanti sono rapidamente smorzate in modo che non si formano « treni d'onda » ma si trasmettono direttamente nell'aereo delle oscillazioni singole e « pure ». La frequenza è però ugualmente elevatissima a causa dell'estrema velocità di rota-

zione dei dischi, mentre l'energia disponibile, non esistendo *trasformazioni* di sorta, vien tutta passata all'aereo in quantità praticamente enorme.

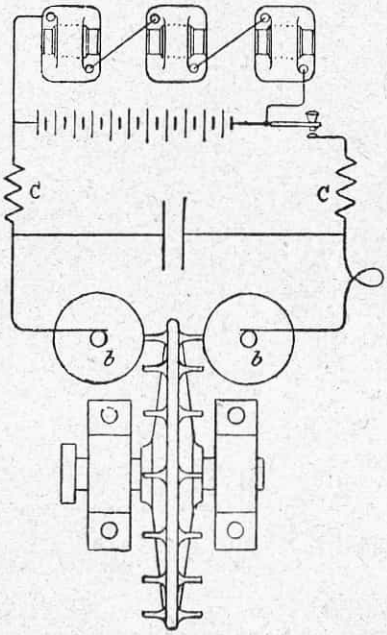


Fig. 60.

La disposizione della Compagnia Marconi, originariamente destinata alla radiotelegrafia, ha reso importanti servigi anche alla radiotelefonia.

Le fig. 61 e 62 mostrano due tipi di realizzazione

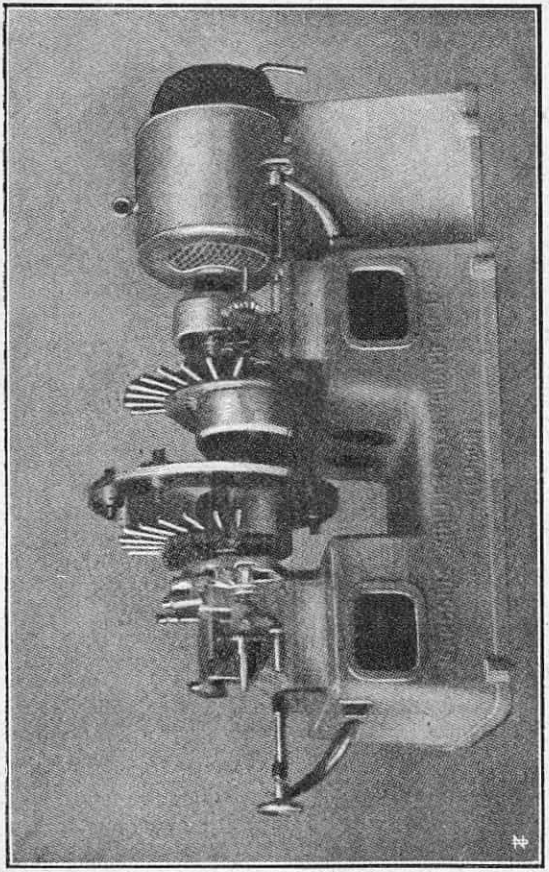


Fig. 61.

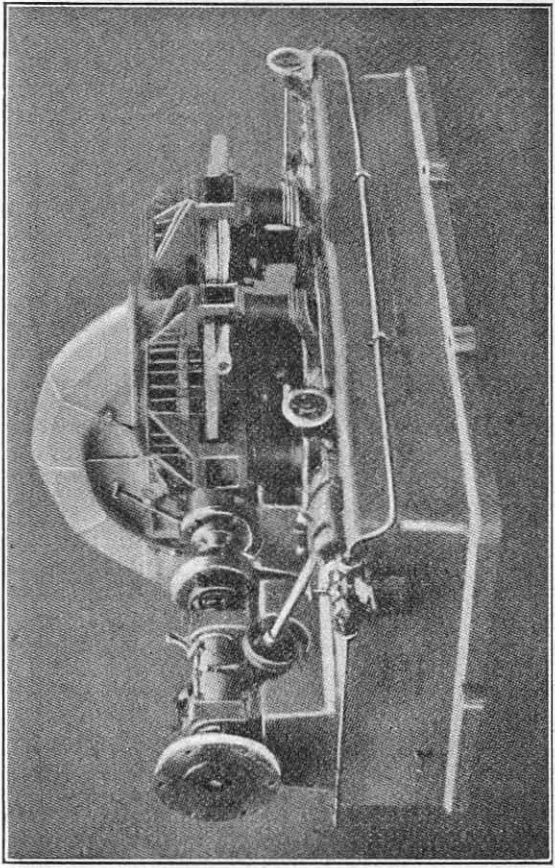


Fig. 62.

tecnica dell'oscillatore Marconi ad alta frequenza: il primo, di data non più recente, della potenza di 7,5 kw.; il secondo modernissimo, della potenza di 50 kw.

La fig. 63 rappresenta un modello di spinterometro rotativo in cui esiste un sol disco *D*, girevole tra

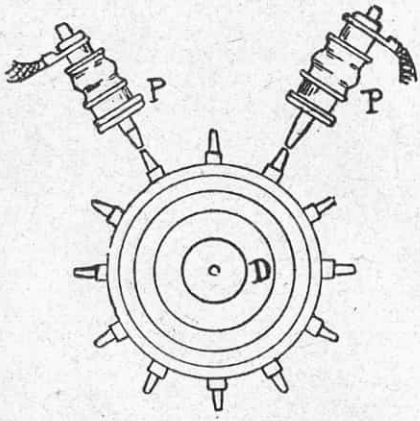


Fig. 63.

due elettrodi fissi *P* e *P*. Tutte le volte che due delle punte mobili di cui è armato il disco alla periferia vengono a trovarsi in corrispondenza degli elettrodi fissi, negli stretti interspazi scoccano due scintilline ed attraverso di esse si scarica il condensatore del circuito oscillante. Si possono ottenere con questo spinterometro oltre 700 scintille al secondo.

Sull'argomento degli oscillatori a disco rotante,

togliamo dalla *Wyreless World:* « Vi sono stazioni in cui, per mezzo del disco, si fanno avvenire varie scintille ad ogni alternazione della corrente alimentatrice; cioè durante la carica in un senso del condensatore questo viene più volte scaricato. In altri tipi la scarica del condensatore avviene invece una volta sola per ogni alternazione, esattamente al momento di massima carica del condensatore. I due tipi si distinguono perchè in questi ultimi il disco ha tante punte quanti sono i poli dell'alternatore, mentre che nei primi il disco ha un numero di punte maggiore del numero dei poli. La distinzione fra questi due tipi di stazioni è importante perchè quando si fa avvenire una sola scintilla per alternazione occorre regolare esattamente il disco in modo che il momento in cui avviene la scintilla sia sempre quello in cui il condensatore è carico al massimo. Ciò non occorre invece quando le scintille sono molte per alternazione.

Nel primo caso la regolazione si ottiene spostando in avanti o all'indietro (rispetto al senso del movimento) le punte fisse del disco, in modo da anticipare o ritardare l'istante in cui le punte mobili vengono ad affacciarsi a quelle fisse. Il senso e la entità della correzione non sono sempre le stesse; esse dipendono in particolar modo dalla risonanza del circuito d'alimentazione e quindi dalla velocità dell'alternatore, dalla quale dipende la frequenza della corrente alternata alimentatrice. Se l'alternatore gira troppo in fretta per la risonanza, il disco va *ritardato*; se l'alternatore va troppo adagio, il disco va *anticipato*. La perfetta regolazione della *fase* del disco (così si

chiama la regolazione ora detta) è molto importante, perchè da essa dipende in molta parte l'efficienza della stazione. Questa regolazione così importante non è più necessaria quando, anzichè una sola, si fanno avvenire più di 4 o 5 scintille per ogni alternazione; ed ha una importanza minore, ma sempre apprezzabile, quando le scintille siano 2 o 3 per alternazione ».

Generalmente le realizzazioni tecniche dei dischi rotanti hanno il disco montato sullo stesso asse della macchina generatrice.

Una particolar forma di esploditore rotativo è quella esperimentata da T. Kujirai e da esso recentemente introdotta nella tecnica della radiotelefonia Giapponese. La fig. 64 ne mostra lo schema in cui D è un generatore a 500 volt, destinato ad alimentare l'esploditore attraverso un'indultanza e una resistenza. La scarica avviene attraverso una distanza esplosiva non superiore a mezzo centimetro. La frequenza delle oscillazioni può essere largamente variata col variare una delle capacità C_1 o C_2 del circuito. La fig. 65 mostra la realizzazione tecnica dell'esploditore Kujirai nel quale un piccolo motore mette in veloce rotazione un disco di rame: la scarica avviene tra il disco e una punta fissa di alluminio che dista mezzo centimetro dalla periferia, mentre alla stessa periferia la corrente del generatore giunge attraverso una spazzola di carbone.

I risultati ottenuti con questo tipo di scaricatore che è nella pratica della radiotelefonia al Giappone fino dal 1913, sembrano buoni per le distanze non inferiori ai 40 chilometri.

23. Al Giappone è stato introdotto, in questi ultimi anni, nel sistema di radiotelefonia cosiddetto « T. Y. K. » (dai nomi dei tre scienziati Torikata, Yokoyama, Kitamura) un nuovo metodo di produ-

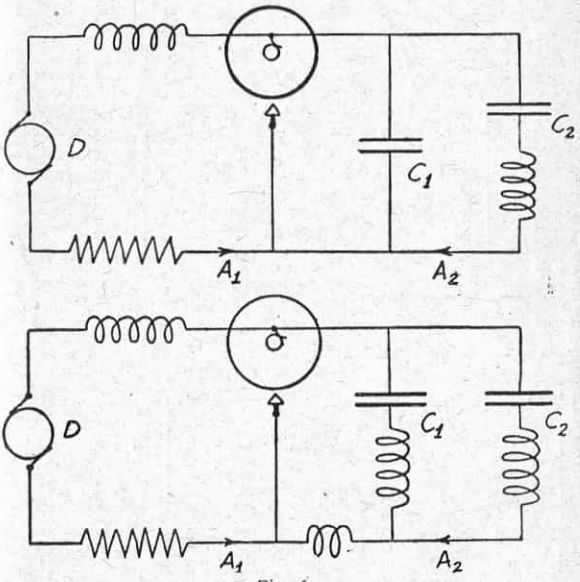


Fig. 64.

zione delle onde mediante scaricatori ad aria rarefatta.

La fig. 66 rappresenta lo schema generale del generatore delle onde: *G* è un generatore a 500 volt, *A Y* ed *H* sono strumenti di misura *D* è lo scarica-

tore ad aria rarefatta; R una resistenza regolabile, C un'autoinduzione pure regolabile, C_1 un grande

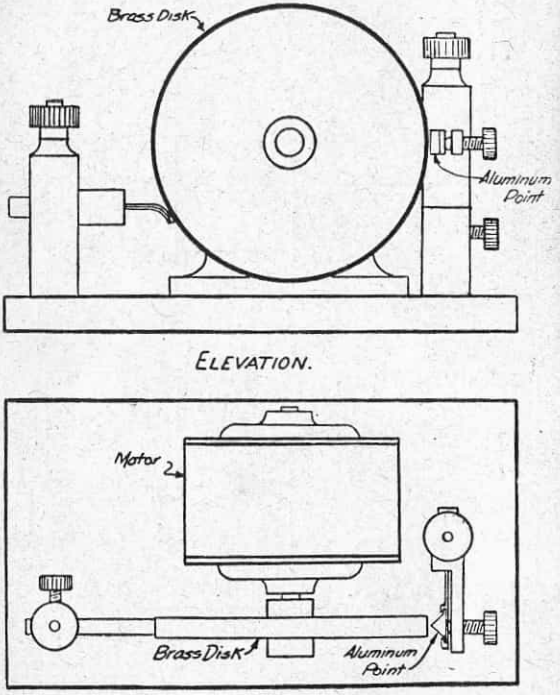


Fig. 65.

condensatore, T un trasformatore, C_2 una seconda capacità.

La forma dello scaricatore varia a seconda dei casi. Quella primitiva, ormai in disuso, è visibile

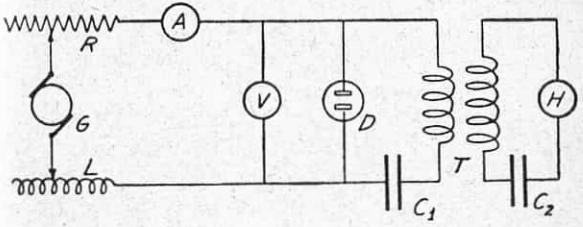


Fig. 66.

nella fig. 67: trattasi di un'ampolla di vetro rassomigliante ad un tubo Roentgen, con due elettrodi di rame (*copper*) sostenuti da due asticciuole di platino

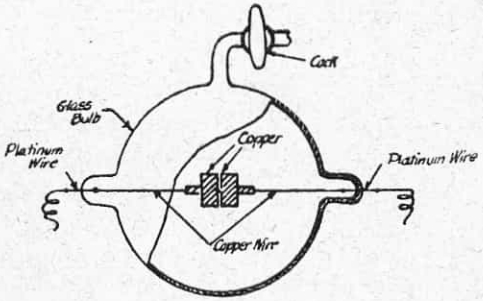


Fig. 67.

e rame. Superiormente, un tubicino, pure di vetro, si allaccia al tubo della macchina pneumatica e permette l'estrazione dell'aria.

Un'altra forma — modernissima — di scaricatore « T. Y. K. » per potenze non superiori ai 100 watt è quella rappresentata dalla fig. 68, mentre la fig. 69 mostra un terzo tipo di scaricatore per potenze elevate, costituito da una robusta camera metallica

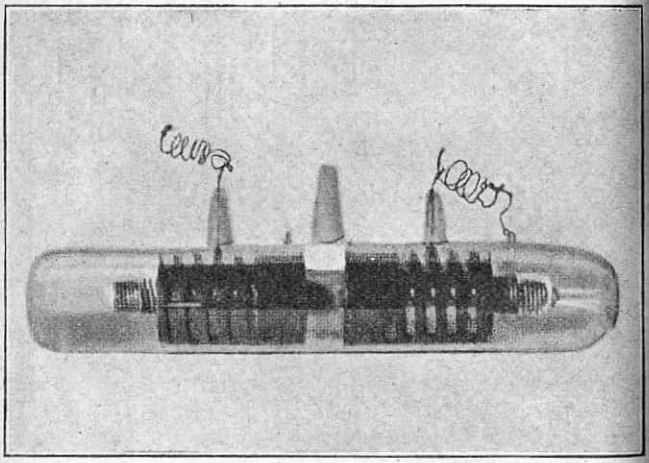


Fig. 68.

nella quale è fatto il vuoto e la scarica avviene all'interno negl'intervalli di tutta una serie di dischi metallici. Parecchi anni di esperienze, condotte con alacrità e genialità dal *Laboratorio Elettro-tecnico del Ministero delle Comunicazioni*, dimostrarono che sostituendo l'aria rarefatta con acido carbonico, gas d'ammonio od azoto i risultati migliorano mentre

con l'alcool, l'etere, i vapori di benzina, peggiorano o si rendono del tutto negativi. Anche il grado della pressione interna dei tubi (mollezza o durezza), la

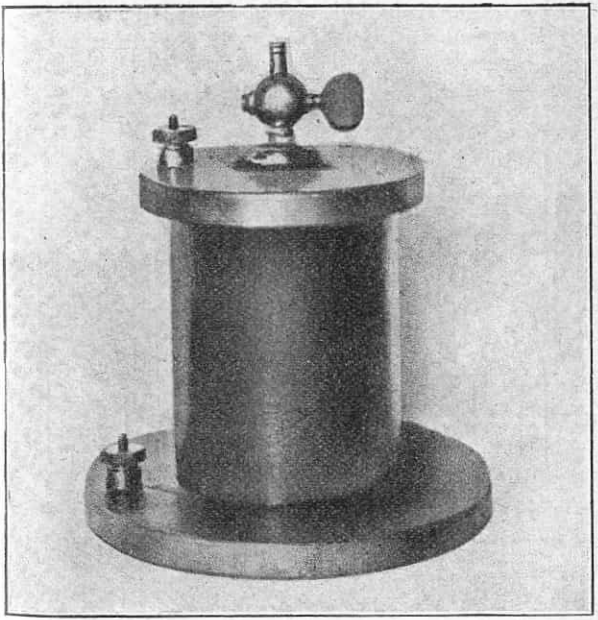


Fig. 69.

distanza esplosiva, la forma, il materiale e le dimensioni degli elettrodi nonchè il potenziale di alimentazione influiscono decisamente sul rendimento e la regolarità di funzionamento dello scaricatore.

24. Prima di passare alla descrizione dell'ultimo sistema di generazione delle onde — quello a mezzo delle valvole termoioniche — vogliamo dire brevemente anche di un sistema moderno, usato in radiotelefonia, per ottenere alte frequenze *triplicando* la frequenza di un alternatore.

Tale sistema, pure giapponese e dovuto all'inven-

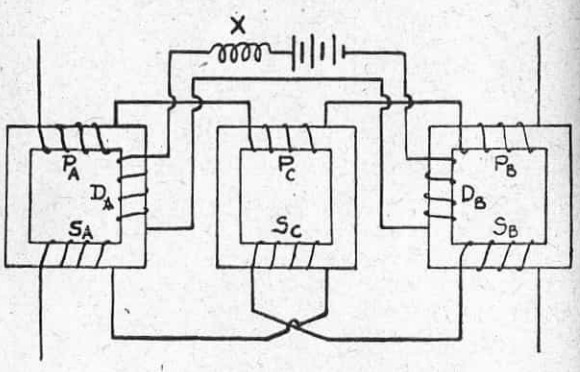


Fig. 70.

zione dello stesso Kujirai cui si deve lo scaricatore rotativo anzidescritto, è rappresentato dalla fig. 70: esso comprende tre diversi trasformatori, due dei quali hanno i nuclei polarizzati in senso opposto da una corrente continua la quale, uscendo dal positivo di una batteria, passa attraverso una *self* moderatrice *X*, mentre il terzo trasformatore non è affatto polarizzato.

I primari *Pa Pc Pb* ed i secondari *Sa Sc Sb* sono

rispettivamente collegati in serie, ma il secondario Sc dell'elemento non polarizzato, è disposto in opposizione cogli altri due. In queste condizioni, le forze elettro-motrici indotte nei secondari polarizzati, essendo in opposizione con la f. e. m. indotta nel secondario dell'elemento non polarizzato, si ha un giuoco di effetti di cui la risultante è una frequenza tre volte superiore. Il sistema Kujirai, accoppiato ad un alternatore Alexanderson, rende una frequenza di 120.000 periodi con una capacità nel primario di 1-3 kw., un voltaggio di 260 volts, un voltaggio nel secondario di 120 volt, una intensità nel primario di 5 ampères e di 3 ampères nel secondario.

La fig. 71 rende la fotografia della strana costruzione di un tipo di trasformatore statico di frequenza, sistema Kujirai, largamente adottato negli impianti radiotelegrafici giapponesi, in questi ultimi tempi.

25. L'ultimo e più moderno sistema di produzione delle alte frequenze è quello che ricorre all'impiego delle valvole termoioniche dette anche « audion ».

Esse costituiscono un derivato e un perfezionamento della valvola *Fleeming*. Della loro teoria e del loro uso come *rivelatori* di onde, ed anche come *amplificatori* degli effetti prodotti dalle medesime, riferiremo più innanzi. Basti dire, per ora, che l'*audion* è un tubo a vuoto che ha la forma di una lampada elettrica recante, oltre al solito filamento metallico incandescente, una *griglia* pure metallica *R*, comunicante coll'esterno ed un anodo *E*, costituito da un cilindretto o lamina di platino, alluminio od altro, ugualmente comunicante con l'esterno.

Un apparecchio così costituito offre, come dicesi,

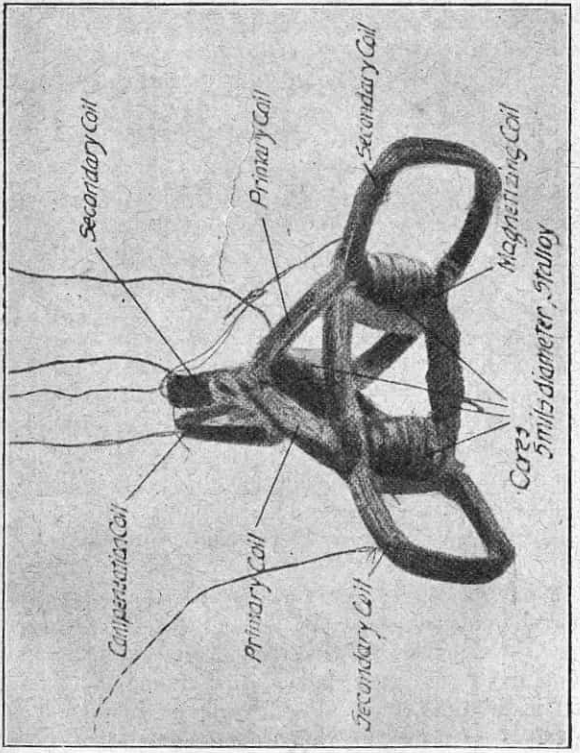


Fig. 71.

una « conducibilità unilaterale » identica a quella dell'interruttore di Wenhelt; lascia passare, cioè,

una corrente voltaica dal filamento al cilindretto attraverso la griglia, ma non si lascia attraversare da una corrente in senso contrario. Ma di ciò vedremo più diffusamente in seguito.

Questa singolare proprietà degli *audions* viene

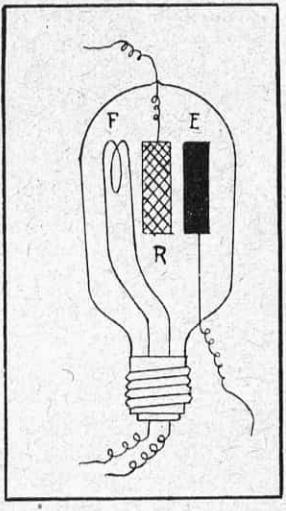


Fig. 72.

sfruttata in questi ultimi tempi allo scopo di generare oscillazioni rapidissime in un modo molto semplice: inserendo, cioè, uno o più audion in un ordinario circuito oscillante al posto dell'arco o dello spinterometro. Le rapidissime interruzioni della corrente alimentatrice (dinamo od accumulatori) prodotte dal-

l'*audion* caricano e scaricano il condensatore con altissima frequenza.

Vedasi il brevetto inglese 1914 N. 13247 e N. 6476, 1915, della Compagnia Marconi per avere dettagliate notizie sul modo di costruzione dei modelli di *audions* indicati per gli speciali usi della generazione. Per ricavarne delle potenze elevate, la Compagnia Marconi e la Telefunken usano di accoppiare gli audions in batterie in parallelo di 300 a 500 elementi.

Questo sistema di generazione offre i vantaggi dell'altissima e costante frequenza e della sua grande semplicità. E noi lo consideremo più da vicino nei successivi capitoli.

CAPITOLO V

IL PROBLEMA FONDAMENTALE DELLA RADIOTELEFONIA: « MODULARE » LE OSCILLAZIONI D'ALTA FREQUENZA IN MODO CORRISPONDENTE ALLE VARIAZIONI DELLA CORRENTE MICROFONICA — LE SOLUZIONI PROPOSTE DAL 1900 AD OGGI.

26. Abbiamo già spiegata nel par. 19 la necessità che la emissione radiotelefonica sia realizzata mediante oscillazioni prive di smorzamento, giacchè le oscillazioni smorzate si rincorrono nello spazio etereo ad intervalli di tempo nei quali, mancando completamente ogni fenomeno elettromagnetico, l'*etere* permane in riposo e sarebbe impossibile, in questi intervalli di silenzio, trasmettere elettricamente le rapidissime vibrazioni acustiche della voce parlata.

L'emissione d'impulsi smorzati, quale avviene nei trasmettitori a scintilla « rara » può paragonarsi a quella di onde sonore prodotte dal crepitio di una mitragliatrice, a parte la *frequenza* immensamente minore di quest'ultima; o, meglio ancora, può paragonarsi all'emissione di onde sonore musicali prodotte dalla corda di un mandolino « pizzicata » in modo regolare e continuo. Con la differenza, in questo

ultimo caso, che mentre ogni pizzico della corda produce un'oscillazione sonora che appena spentasi viene subito seguìta da una successiva, ogni « choc » di scintilla, invece, produce un'oscillazione di poche diecine di onde che subito si smorza e solo dopo un tempo incomparabilmente più grande di quello della durata dell'oscillazione sopraggiunge un secondo *choc*.

Ritornando al nostro paragone idraulico del II capitolo, noi possiamo ancor meglio spiegarci l'impossibilità di adottare in Radiotelefonia il sistema a scintilla, sostituendo immaginariamente la pietra gettata nello stagno con una pietra legata ad un filo ed agitata verticalmente con movimenti regolari e continui, distanziati tra di loro di qualche secondo, sulla superficie dello specchio d'acqua. Vedremmo, in questo caso, pochi cerchi di onde formarsi, per ciaschedun impulso della pietra, sull'acqua, quindi le ondulazioni superficiali rapidamente smorzarsi, ristabilirsi la tranquillità dello specchio, e questa permanere fino al sopraggiungere di un nuovo impulso della pietra. Il sughero galleggiante a distanza, lo vedremmo all'arrivo della prima onda oscillare su e giù tre o quattro volte — e ciascheduna di esse con *ampiezza* di oscillazione minore — lo vedremmo quindi rimettersi in quiete e in essa permanere finchè una nuova serie d'impulsi della massa liquida non sopraggiungesse una seconda volta a rimetterlo in oscillazione e così di seguito finchè duri l'azione della pietra. Anche in questo paragone conviene tener presente l'enorme ingrandimento proporzionale di tutti i *tempi* del fenomeno idraulico rispetto a quelli dell'identico fenomeno del campo hertziano. Comunque, appare evi-

dente l'esistenza d'intervalli di quiete tra un'oscillazione e l'altra, intervalli che nel caso dell'emissione a scintilla sono sempre *superiori* a quelli esistenti, nel fenomeno acustico, tra una vibrazione sonora e la succesisva, anche per i suoni di più largo *periodo*.

Occorrono dunque, in Radiotelefonia, sistemi di generazione elettromagnetica nei quali non esistano intervalli di quiete tra un'oscillazione e l'altra, o gli stessi intervalli siano ridotti al minimo, e noi abbiamo visto nel capitolo IV che a tal fine o si è mantenuto il tipo di generazione a « choc » ma con notevole aumento del numero delle scariche, o si è addirittura realizzato un sistema di generazione di onde continue Nel primo caso (generatori a scintilla d'ogni tipo) o l'intervento di rimedi contro la ionizzazione o la frequentissima chiusura del circuito delle tensioni primaria o secondaria, o altri espedienti del genere rendono possibile l'uso di oscillazioni smorzate ma incalzantisi l'una con l'altra senza notevoli e dannosi intervalli di tempo. Nel secondo caso, le oscillazioni chiamate « continue » o « persistenti » od anche « durevoli » avendo la forma normale della sinusoide non comportano intervalli di sorta tra l'una e l'altra, precisamente come la corrente alternata di bassa frequenza, ed è sempre perciò disponibile, in qualunque momento dell'emissione radiotelefonica, un'onda elettromagnetica che si renda veicolo di una vibrazione acustica attraverso lo spazio.

Naturalmente, in tutti i casi, data l'alta frequenza media delle vibrazioni sonore, anche la frequenza delle onde elettromagnetiche dev'essere molto elevata.

A questo proposito è bene ricordare che anche le emissioni a scintilla rara — cioè dire le emissioni con rara *frequenza di scariche* — possono avere una *frequenza di oscillazione* molto elevata, essendo assolutamente indipendente la rapidità di successione delle scintille dalla frequenza delle poche oscillazioni generate da ogni choc. Il male si è che queste oscillazioni, anche a frequenza talvolta vicina al milione per secondo, generate da un ordinario spinterometro, non riescono mai, non diciamo a toccare il milione di oscillazioni effettive in un secondo, ma neanche a raggiungere il centinaio senza prima smorzarsi, ond'è che si cade senz'altro, malgrado l'alta frequenza delle poche onde di ciascuna scarica, nel grave inconveniente sopra lamentato.

Per contro, la frequenza delle onde durevoli è generalmente molto più bassa ma, in compenso, priva di intervalli, ciò che rende i sistemi ad arco, quelli ad alternatori e simili (par. 22) molto più adatti alla radiotelefonia di quelli a scintilla comunque resa men rara, a meno che — come nel tipo Clifden — la *continuità* dell'oscillazione non sia ugualmente raggiunta con altri mezzi. Vediamo ora, nel caso pratico, in quali limiti concreti le frequenze radiotelefoniche debbano essere contenute.

Si sa che la gamma *udibile* delle vibrazioni sonore va da circa 40 per m″, ad un limite estremo più elevato di circa 33.000 ma la parola articolata, se ha delle sfumature delicatissime (sibili) che talvolta toccano la frequenza di 15.000, in generale non sorpassa le 4000, mentre la frequenza che esercita la più grande impressione sul nostro orecchio è quella

di 1000. Studiate all'oscillografo (apparecchio che fotografa le oscillazioni) le correnti prodotte dalla voce umana parlata sopra un microfono assumono, per le varie vocali e consonanti, forme speciali le cui frequenze permangono, in media, sul valore 1000 e soltanto la lettera *s* ha una frequenza elevatissima che molti microfoni e molti telefoni, a causa della loro inerzia, non riescono a ripetere.

Comunque, affinchè tutte le inflessioni della parola siano trasmesse, è necessario che la frequenza delle oscillazione usata sia molto superiore alla frequenza di regime microtelefonico e se questa è all'incirca 1000 occorre che la prima sia all'incirca almeno 10.000. E ancora non basta, perchè una frequenza di 10.000 periodi rientra nella gamma dei suoni udibili e rappresenta un sibilo acutissimo che alla stazione ricevitrice, ripetuto dal telefono, mescolerebbe sè stesso alla voce articolata e recherebbe un grave disturbo alla buona ricezione. Bisogna dunque salire ancora ed oltrepassare il limite massimo dei suoni udibili (33.0000) e solo con frequenze superiori a questo limite il telefono ricevitore non renderà alcun suono dannoso.

Per contro, la « modulazione » delle oscillazioni, realizzabile nei modi che vedremo per mezzo del microfono alla stazione emittente, deve farsi in modo che, mentre a microfono inattivo le onde persistenti generate non siano udibili per la loro troppo alta frequenza, a microfono attivo, invece, le frequenze si abbassino e le oscillazioni così « modulate » rientrino nella gamma dei suoni udibili.

Occorre, in altre parole, che il complesso emettitore

radiotelefonico sia atto ad irradiare contemporaneamente due tipi di oscillazioni sovrapponentisi: uno di onde persistenti, di alta frequenza, *inudibile* e d'intensità costante; un altro di onde ugualmente durevoli, ma di frequenza più bassa, *udibile*, e di variabile intensità. Il primo tipo, da solo, nei momenti di riposo del microfono; il secondo, insieme al primo e ad esso sovrapposto ed unito, per i momenti nei quali si parla.

Qualcuno potrebbe ritenere che questa è una complicazione, e lo è difatti. Idealmente sarebbe preferibile che il complesso radiotelefonico *non* emettesse oscillazioni di alcun tipo durante i riposi e ne emettesse delle *variabili* mentre il microfono lavora. Ma per quanto taluno (Blondel, 1901) abbia cercato di adottare un sistema di *estinzione* durante i riposi e di *oscillazione* durante i lavori mediante spinterometri resi attivi da fiamme manometriche, nessuno è riuscito a realizzare questo sistema ideale in cui, a microfono inerte, nessuna onda è trasmessa. Il metodo della *sovrapposizione* ha dovuto quindi restare di regola e la *modulazione* delle onde si è realizzata in varie maniere, di cui è oggetto la riepilogazione di questo capitolo.

La fig. 73 mostra diagrammaticamente il meccanismo della generazione e della modulazione radiotelefonica: *a* è il diagramma di una serie di onde smorzate vicinissime (Clifden) ed *a'* quello di un'oscillazione persistente: l'uno e l'altro tipo ugualmente idonei per la pratica della radiotelefonia; *b* e *b'* rendono la sinusoide dell'ordinaria corrente microfonica. Se noi accoppiamo in un modo qualunque, per esempio

induttivamente, il circuito d'alta frequenza e quello

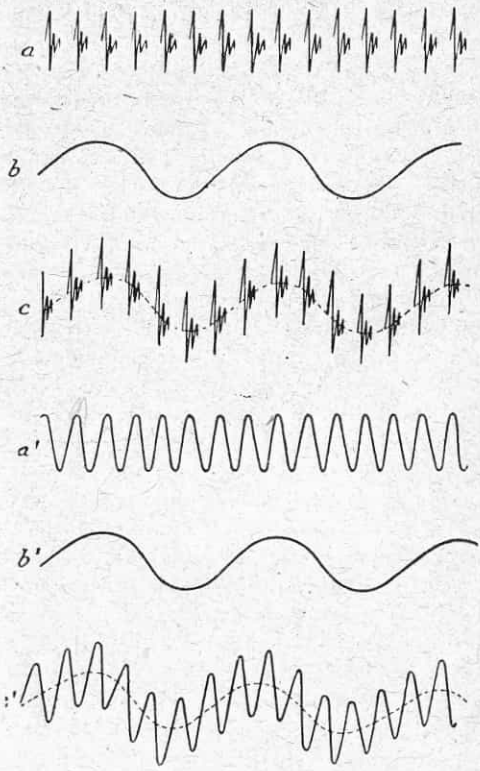


Fig. 73.

del microfono, avremo tra i due circuiti un'azione

mutua identica a quella diagrammata in *c* e in *c'*; avremo cioè, sull'aereo, una corrente d'alta frequenza ma d'intensità variabile, seguente le variazioni della corrente del microfono.

E i *ventri* dell'intensità risultante corrisponderanno ai *ventri* dell'intensità della corrente microtelefonica, i nodi ai nodi, in modo che, praticamente, avremo una *frequenza* di ventri e nodi d'intensità uguale alla frequenza della corrente del microfono, e in definitiva una frequenza rientrante nei limiti di quelle perfettamente percettibili al nostro orecchio e rivelabili dal telefono ricevitore.

Nè le alternanze positive e negative di ogni singola onda fra quelle sovrapposte alla corrente microfonica potranno di troppo influire passivamente sull'intensità risultante, giacchè quasi tutti i valori *zero* delle onde d'alta frequenza vengono a trovarsi *al di sopra* del valore zero di ogni alternanza positiva della corrente microfonica, in guisa tale da poter ritenere senz'altro l'oscillazione accoppiata emessa dal posto trasmettitore come un'irradiazione di bassa frequenza a periodo e intensità variabili a seconda delle variazioni introdotte dal giuoco dal microfono.

Ma studiamo ancora più addentro il meccanismo di questo fenomeno su cui si basa il problema essenziale della radiotelefonia.

Immaginiamoci la sinusoide di un'oscillazione continua ad alta frequenza emessa dall'aereo di un posto trasmettitore nei momenti nei quali il microfono è inattivo.

Supponiamo ora di dover trasmettere non una parola, bensì un *suono musicale*, e, per esempio, il *la*

normale di un diapason, costituito come si sa da una frequenza di 435 vibrazioni per minuto secondo; e supponiamo che la permanenza di questo suono davanti al microfono si limiti esattamente ad un minuto secondo. La lamina del microfono oscillerà, quindi, esattamente, 435 volte e per altrettante volte — dato l'accoppiamento magnetico dei circuiti o altro espediente di quelli che esamineremo nel proseguo di questo capitolo — l'intensità di una delle onde ad alta frequenza verrà *rinforzata*. E verrà precisamente rinforzato ed ampliato il ventre di quella semionda che trovasi sull'aereo nell'istesso momento in cui la lamina del microfono, stringendo il contatto microfonico, lancerà sull'aereo, in unione all'altra, anche la propria corrente. Rispetto all'intensità complessiva dell'irradiazione avremo, quindi, in un minuto secondo, 435 aumenti d'intensità e 435 diminuzioni, ed essendo le frequenza di queste variazioni perfettamente nell'ordine di quella dei suoni udibili, il telefono ricevitore ripeterà fedelmente il suono trasmessogli.

Nel caso, invece, della parola articolata, l'andamento del fenomeno sarà molto più complicato, ma sempre fondato sugli stessi principî. In luogo di un suono costante, della durata di un minuto secondo, avremo tutta una gamma di suoni rapidissimamente variabili, ma ciascuno di essi, anche se di durata non superiore ad un millesimo di secondo, avrà in quel millesimo di secondo una frequenza sua propria, la quale reagirà sull'oscillazione fondamentale.

Come vedesi, nel sistema qui descritto, l'azione « modulatrice » del microfono influisce esclusiva-

mente sulla *intensità* dell'oscillazione fondamentale del radiatore e non, direttamente, sulla frequenza. Malgrado ciò, e per le ragioni anzidette, viene in definitiva a costituirsi come una specie di *frequenza degli aumenti d'intensità*, la quale rientrando nel limite di quelle dei suoni udibili può essere percepita dal telefono ricevitore.

Su questo principio riposano quasi tutti i dispositivi antichi e recenti di telefonia senza fili a mezzo delle forze elettriche. Tuttavia esistono altri dispositivi nei quali, lasciandosi inalterata e costante l'intensità dell'irradiazione, se ne varia invece la frequenza in relazione alle variazioni del microfono.

Riservandoci di far cenno di questi dispositivi in fine di capitolo, iniziamo ora la elencazione dei vari sistemi del primo gruppo, adottati per « modulare » le oscillazioni irradiate.

27. Fino dal 1904 il prof. Maiorana ha indicato vari metodi *da laboratorio*:

a) Una leggera e flessibilissima membrana vibrante *M*, analoga a quelle impiegate nei fonoautografi, produce mediante un doppio sistema di leve un'ampia vibrazione in una asticina metallica *P* incerniata in *O*. Questa si avvicina e si allontana, così, dalla punta fissa *R*. Poichè *R* e *P* sono collegati con i poli della macchina elettrostatica e rispettivamente con l'antenna e con la terra, scoccano scintille molteplici la cui lunghezza è variabile, dipendentemente dalla posizione di *P*. Ora se il suono prodotto dinanzi alla membrana è intenso e semplice, quale quello di una canna di organo, il rivelatore di una stazione ricevente ce ne dà buona riproduzione. Egual risul-

tato si ha col canto umano; non così con la parola, la quale rimane strozzata.

b) Membrana vibrante del tipo di cui sopra, ma a contatti multipli.

c) Spinterometro multiplo reso esplosivo da luce ultravioletta vibrante sotto l'azione di un microfono.

d) Arco influenzato da una fiamma manometrica resa pulsante da una lamina di pressione del gas, sulla quale si parla. Gli spinterometri o gli archi, con relative fiamme, possono essere multipli.

e) Spinterometri soffiati da un getto gassoso di variabile intensità secondo il dispositivo della fig. 74. « Attraverso lo spinterometro S — scrive il Maiorana — possono scoccare, se convenientemente soffiate, le numerose scintille necessarie alla trasmissione telefonica. La direzione M di massima intensità del soffio proveniente dal tubo T oscilla, sotto l'azione dei suoni da trasmettere, fra X e Y. Le scintille S restano dunque variamente soffiate, e la stazione ricevente munita di un rivelatore acustico, sente, con grande intensità, i suoni semplici e continui trasmessi. Il suono di una canna d'organo, o il canto umano sono riprodotti a distanza con sufficiente nitidezza, perchè se ne possa percepire anche il timbro. Se le vibrazioni del getto gassoso non sono troppo ampie, la velocità dell'aria che traversa lo spazio esplosivo S si mantiene sempre superiore ad un certo limite; le scintille sono allora sempre oscillatorie, e mai esse si frastagliano, o tendono a trasformarsi in arco calorifico non oscillatorio. In tali condizioni i suoni che la stazione ricevente lascia percepire sono più deboli ma anche più netti ».

Oltre a questi cinque metodi, basati tutti, com'è evidente, sulle variazioni d'*intensità* delle oscillazioni irradiate, il Maiorana ne propose altri anche più com-

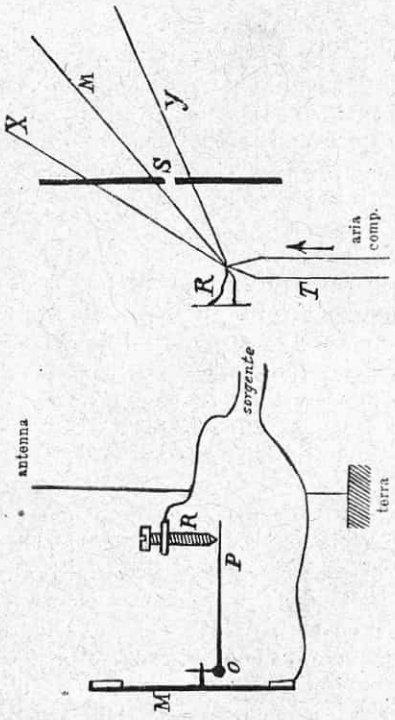


Fig. 74.

plicati e molto ingegnosi, ma i risultati pratici di essi non esulano dai modesti confini che ci si possono prefiggere in esperienze da gabinetto.

28. Nel 1903 E. Ruhmer propose il sistema di modulazione di cui alla fig. 75. *D* è una dinamo ad alta frequenza inserita nel circuito di accoppiamento dell'aereo e della terra *E*. Il circuito di autoeccitazione della dinamo è a sua volta inserito in un sistema self-condensatore, influenzato induttivamente da un

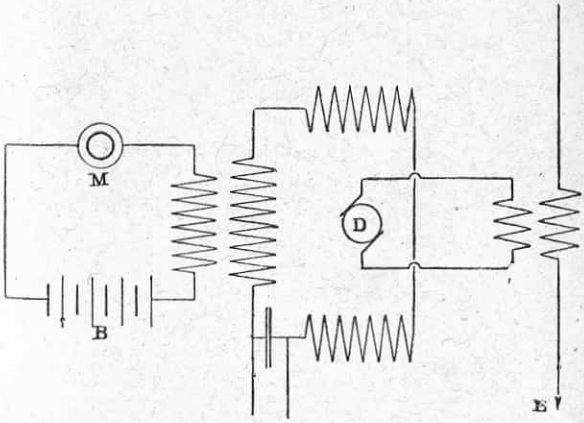


Fig. 75.

microfono *M* che si alimenta alla batteria *B*. È chiaro che la corrente microfonica reagendo sul circuito d'eccitazione della dinamo ne varia l'intensità di corrente a seconda delle vibrazioni del microfono, e l'eccitazione influendo sul regime della dinamo, manda sull'aereo oscillazioni d'intensità analogamente variabili.

Con brevetto N. 143366 del 13 agosto 1902, Fessenden propose la disposizione di cui alla fig. 76. *D* è un alternatore ad alta frequenza che alimenta un circuito oscillante *L*, accoppiato induttivamente con l'aereo *T*. Fra l'aereo e la terra trovasi disposto un solido microfono *M* con raffreddamento ad aria,

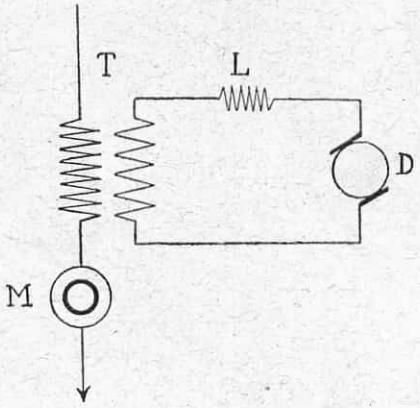


Fig. 76.

capace di lasciarsi attraversare da correnti fino a 2 ampères e 15 volts.

La frequenza della dinamo è accordata con quella propria dell'aereo. Poichè l'intensità della tensione di risonanza prodotta e l'intensità della corrente dipendono dalla resistenza dell'antenna, la tensione elettrica e l'intensità della corrente variano nell'antenna stessa quando si parla davanti al microfono

e le variazioni saranno corrispondenti a quelle della resistenza del microfono stesso e controllate dalle vibrazioni sonore della voce articolata.

Passiamo ora a descrivere i modi escogitati per modulare le ondulazioni irradiate dagli « archi ». Sei diverse disposizioni sono schematizzate dalla fig. 77, oltre a quell'altra che si può realizzare inserendo l'arco Poulsen nel circuito del Duddel:

1) Il microfono agisce direttamente sul circuito di alimentazione dell'arco.

2) Il microfono agisce *indirettamente* sul circuito d'alimentazione.

3) Il microfono agisce direttamente sull'oscillatore.

4) Il microfono agisce *in derivazione* sul sistema irradiante variandone la resistenza (Poulsen).

5) Il microfono agisce come in 4 sopra una disposizione di archi *multipli* (Telefunken).

6) Il microfono agisce indirettamente sia sull'oscillatore che sull'antenna (Poulsen).

In tutti gli schemi della fig. 77, *M* è il microfono, *R* sono le *self*, *E* l'arco, *C* il condensatore, *A* l'aereo, *T* il *jigger*, *S* la terra.

Nello schema 1), 4) e 5) il metodo impiegato è quello della « modulazione » dell'intensità delle onde irradiate; nello schema 2) quello della sovrapposizione del regime microfonico all'alta frequenza; nello schema 3) quello della variazione della *frequenza* delle onde emesse; nello schema 6) un metodo misto.

29. Il *microfono idraulico* del Maiorana è una tappa assai avanzata sulla via della risoluzione definitiva del problema della « modulazione ». Esso fu proposto dal Maiorana nel 1909.

La sua invenzione si basa su di un noto fenomeno idraulico.

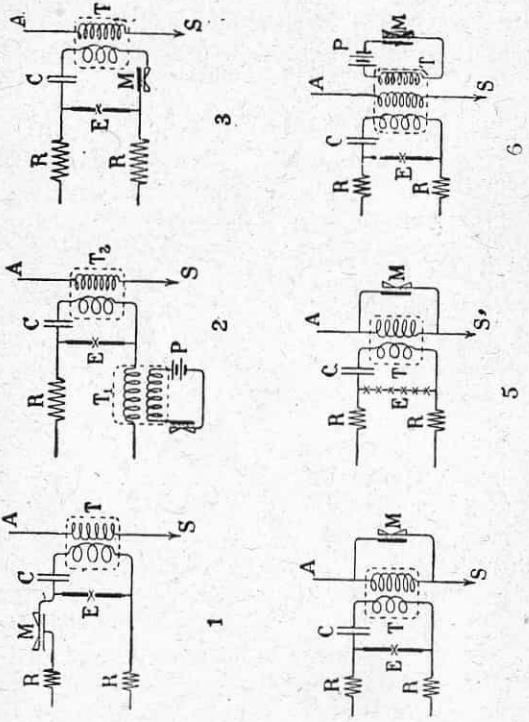


Fig. 77.

Chi non ha osservato un piccolo getto di liquido che cada perpendicolarmente da un vaso attraverso un forellino ? Per un primo tratto il liquido è filiforme,

unito, cilindrico, ma poi, ad un certo punto incomincia ad avere delle contrazioni, a rompersi ed a trasformarsi in una serie rapida di piccole gocce. Proviamo a percuotere, a battere ripetutamente con dei colpetti di dito il recipiente: si vedrà la vena del liquido contrarsi e la parte filiforme allungarsi o raccorciarsi. Lo stesso fenomeno avverrà se sopra il recipiente, che dev'essere piccolo, leggero, tubolare ed a pareti sottili, si parla, si suona o si canta o comunque lo si sottopone agli effetti ed alla percussione di onde sonore; la vibrazione meccanica prodotta dalla vibrazione acustica agisce sulla vena liquida nel senso di variarne la fluidità e la consistenza.

Il microfono di Maiorana si basa su questi principî: un tubo-recipiente *t* (fig. 78) è ad un lato interrotto da un'apertura in cui è disposta una *membrana vibrante m*, assai sottile ed elastica, messa in immediato contatto con la *lamina vibrante* di un ordinario telefono, per modo che tutte le oscillazioni della lamina (prodotte dalla parola) sono fedelmente e sincronicamente ripetute dalla membrana. Questa le comunica al liquido (acqua acidulata) contenuto nel vaso e la massa liquido-elastica le trasmette quindi fedelmente, al sottostante getto. Il getto varia continuamente la sua pressione ed assume delle strozzature o rigonfiamenti in perfetta uniformità del moto trasmessogli dalla parola parlata nel padiglione del telefono.

A pochi decimetri dal recipiente si trovano due conduttori metallici *a b* affacciati a breve distanza l'uno dall'altro, in modo che il getto liquido passi appena nello spazio interposto. Il getto stabilisce tra

i due elettrodi metallici un contatto il quale si perfeziona ed aumenta di resistenza ritmicamente, a seconda che si trova a passare per esso un rigonfiamento od una strozzatura della vena liquida. Il

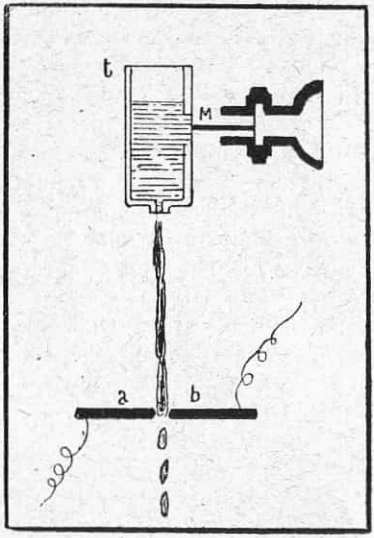


Fig. 78.

contatto, dunque, è in perfetta sincronia elettrica colle vibrazioni della membrana e della lamina del microfono ed è quindi reso più o meno buono dal regime acustico della parola parlata. Vediamo ora il complesso del dispositivo.

I due elettrodi metallici (costituenti il cosidetto

« collettore ») sono in comunicazione col *primario* di un rocchetto Rhumkorff *R*, attraverso una batteria di accumulatori *A*. Il secondario *S* attraverso un condensatore *C* è messo in comunicazione con un

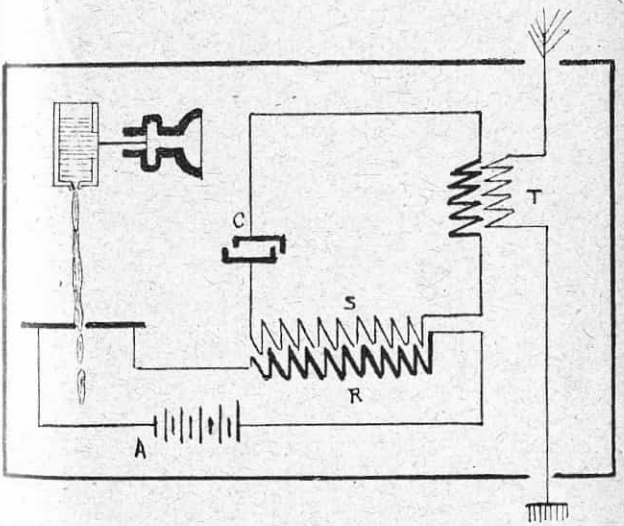


Fig. 79.

trasformatore, i cui estremi vanno uno all'antenna, l'altro alla terra.

Quando il microfono riceve la parola, il collettore apre e chiude più debolmente o intensamente il circuito degli accumulatori sul primario del rocchetto, il quale sarà percorso da correnti più o meno forti a seconda del funzionamento del collettore e del mi-

crofono. Ed alla sua volta correnti più o meno intense si propagheranno sul secondario *S* ed onde elettromagnetiche più o meno intense saranno lanciate sull'antenna e sulle ali dell'etere.

Nel 1912 il prof. Vanni modificò, perfezionandolo, il microfono Maiorana facendo cadere la vena liquida sopra una lastra di platino inclinata: il getto e la lastra facevano parte del circuito aereo-terra percorso dalle correnti oscillatorie ad alta frequenza. Venendo a parlare in vicinanza della vena liquida, essa si mostra sensibile alle vibrazioni acustiche della voce, la resistenza del getto si modifica e l'intensità delle correnti varia periodicamente col variare delle vibrazioni della parola parlata.

30. I signori Colin e Seance, autori di un completo sistema radiotelefonico, pensarono di modulare le correnti ricorrendo ad un *microfono multiplo* a carbone, che essi costrussero nella forma speciale indicata dalla fig. 80. Trattasi di diciannove contatti microfonici elementari, ciascuno costituito da un disco di carbone appoggiato ad una capsula di grani di carbone. Le diciannove capsule, riunite meccanicamente ed elettricamente sul fondo metallico di un megafono, venivano in tal modo a trovarsi inserite *in quantità* sul circuito dell'alta frequenza.

31. Un sistema recente di modulazione, che ha dato ottimi risultati pratici, è quello del signor E. R. Marzi, autore dell'« arco umido » di cui abbiamo riferito in un precedente paragrafo.

Questo sistema, recentemente applicato alla radiotelefonia, è già da parecchi anni in uso nella marina militare italiana pei cosidetti « telefoni altisonanti »,

che servono a trasmettere gli ordini ad alta voce nei locali delle macchine e nei vari centri di manovra.

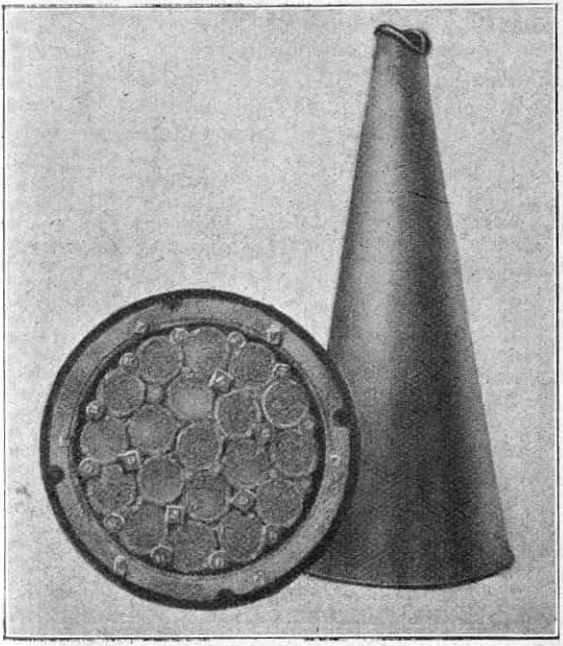


Fig. 80.

Il microfono idraulico del Maiorana venne dal Marzi ritenuto di eccessiva delicatezza e troppo debole, ed egli in conseguenza pensò di ritornare sen-

z'altro al carbone, ma lo ossessionava, nei lunghi studi, l'inconveniente classico dei granuli: quello della loro incapacità a sottostare alle elevate tensioni del regime radiotelefonico.

« L'ossessione di questo inconveniente — scrisse il Marzi in una sua memoria — fermò un giorno la mia attenzione sull'antico orologio a sabbia, la clessidra, in cui la sabbia, precipitando in misura uniforme di quantità e di tempo, marca l'ora che fugge. E così sbocciò l'idea semplice che partorì un apparecchio più semplice ancora. Il carbone, sotto il passaggio della corrente elettrica si riscalda e poi diviene incandescente con un processo graduale che richiede un certo periodo di tempo: piuttostochè lasciare il carbone disgregato in granuli, o il carbone in polvere rimanere nel suo alveolo microfonico, lo si lasci precipitare come in una clessidra, impedendogli così di riscaldarsi eccessivamente, e lo scopo sarà raggiunto ».

Basandosi su questo criterio, il Marzi costrusse e fece funzionare il tipo di « microfono » a ricambio di carbone in granuli » rappresentato in fotografia della fig. 81. La polvere di carbone è contenuta in un recipiente di vetro (vedi in alto della figura) raccordato in basso con un cannello di carbone terminante ad unghia. A chiudere l'apertura del cannello (o, per meglio dire, a *quasi chiudere* la medesima) è affacciato di contro ad esso un cilindretto pure di carbone ed ugualmente tagliato ad unghia, fissato al centro di una lamina che amplifica, ripetendole, le vibrazioni di una solita membrana di un microfono normale. I movimenti della lamina vibrante modi-

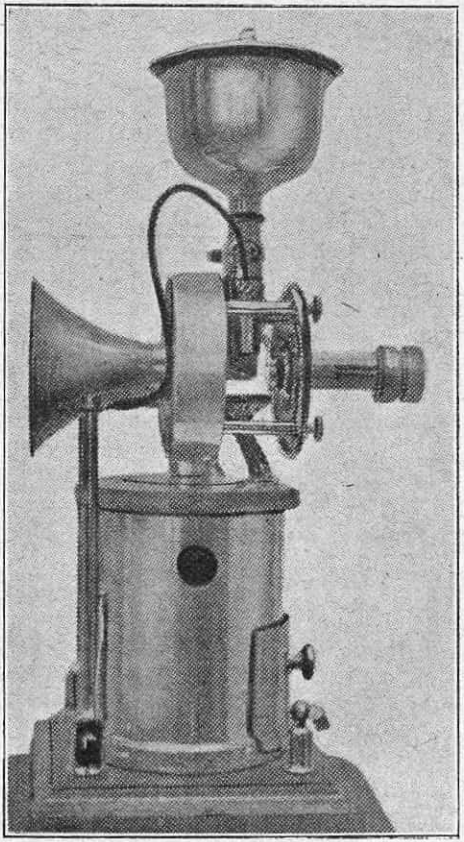


Fig. 81.

ficano la distanza tra i due carboni inseriti nel circuito primario dell'oscillatore e mettono in giuoco i granuli come negli ordinari microfoni, variando, in corrispondenza colle ondulazioni della voce, l'intensità del circuito. Dopo aver funzionato, e prima di aver tempo a riscaldarsi ed a rendersi incandescenti, i granuli cadono in un sottostante deposito da cui, raffreddati, possono venire ripresi e rimessi in funzione. Inutile aggiungere che tutte le parti sono convenientemente isolate e che i due pezzi ad unghia possono venire opportunamente regolati con viti micrometriche.

Ecco la descrizione di un altro tipo, alquanto diverso, di microfono Marzi, quale la desumiamo da una riepilogazione di brevetto: « Il circuito trasmettitore comprende, in serie, un microfono ordinario, delle pile e il primario di un trasformatore di cui il secondario è collegato ad un elettromagnete a poli opposti, tra i quali oscilla una piccola leva. Questa è meccanicamente accoppiata ad un secondo microfono, che costituisce il punto originale dell'invenzione. Esso è composto di una specie di « entonnoir » contenente dei finissimi granuli di carbone e chiuso nella sua parte inferiore da una piccola sfera metallica collegata alla leva dell'elettromagnete. Il microfono *entonnoir* e la leva sono disposti in serie sull'antenna. Allorquando si parla davanti al primo microfono, il quale non deve sopportare che una f. e. m. debole e può dunque essere così grande e così « amplificatore » quanto si desidera, le vibrazioni della placca si trasmettono alla leva dell'elettromagnete, e di là alla sfera che chiude il tubo adduttore del recipiente

e finalmente ai granuli di carbone che esso contiene. Le onde emesse dall'arco sono in questo modo modificate secondo le modulazioni della voce, ma i granuli che sono stati assoggettati al passaggio di correnti oscillatorie indotte nell'antenna emettitrice e che si sono scaldati, cadono, a questo punto, fuori dell'apparecchio, essendo già compiuta la loro funzione, e vengono continuamente rimpiazzati con dei granuli di carbone freddi. Nessun surriscaldamento nocivo si produce, dunque, e ciò permette di applicare all'apparecchio tensioni assai più elevate che in ogni altro tipo di microfono a carboni fissi ». In questo punto sta la superiorità del metodo Marzi sovra ogni altro usato in radiotelefonia fino all'epoca in cui vennero introdotte nell'uso, anche per la « modulazione », le valvole ioniche.

31. Appassionandosi sempre più al problema di cui è argomento questo capitolo, il prof. Maiorana continuò per molti anni le sue ricerche sui « microfoni idraulici » e noi ne vogliamo riferire con una certa ampiezza.

Tutti i microfoni idraulici del Maiorana, si basano sul seguente principio: « Se allo spinterometro trasmittente, costituito da due rigidi bracci metallici, si sopprime la comunicazione col suolo o quella dell'antenna, la trasmissione a distanza di energia elettromagnetica resta quasi completamente impedita. E se si riuscisse a immaginare un artificio al fine di far variare la resistenza ohmica di una di quelle due comunicazioni, in corrispondenza delle vibrazioni di una membrana, avremmo a nostra disposizione un nuovo mezzo di trasmissione telefonica senza filo. In

altri termini occorrerebbe trovare un microfono adatto alla modulazione non di una corrente a basso potenziale, come si fa già ordinariamente nella pratica, ma di scariche a potenziale elevato, per le quali l'incertezza di contatto dei granelli di carbone di uno dei soliti microfoni sarebbe di nessuno ostacolo.

Nei microfoni ordinari, infatti, si concentra la massima differenza di potenziale disponibile nel circuito, su tratti brevissimi, corrispondenti alle dimensioni dei granuli di carbone. Per cui all'inconveniente dell'eccessivo sviluppo di calore per intensità notevoli di corrente, si aggiunge l'altro, per il caso di altissimi potenziali, della possibilità di formazione di scariche esplosive. Il tipo di microfono che ora occorre deve dunque soddisfare alle seguenti condizioni: Sopportare differenze notevoli di potenziale (migliaia di volts); non riscaldarsi per correnti intense (qualche amp.). Questo problema è stato infatti da me risoluto completamente, e poichè gli apparecchi che ora descriverò si prestano in primo luogo alla ripetizione di esperienze di telefonia ordinaria, lascierò per un momento da parte lo scopo ultimo delle presenti ricerche.

Due sono i principî su cui si basano gli attuali apparecchi:

1°. Produrre variazioni di conducibilità elettrica in una corrente di liquido, dipendenti dalle vibrazioni sonore da trasmettere (*microfoni a miscuglio*).

2° Utilizzazione dei fenomeni capillari o delle contrazioni di una vena liquida liberamente propagantesi nell'aria provocati da movimenti vibratori (*microfono elettro-capillare*).

Microfoni a miscuglio. — Da un tubo di vetro *Y* (fig. 82) effluisce un getto d'acqua di fonte, acqua cioè pochissimo conduttrice di elettricità. Il diametro del getto è di circa 0,5 mm.; la velocità di efflusso di circa 10 metro al 1". Il getto liquido batte su di una lastra di rame *C* e chiude così il circuito di un tele-

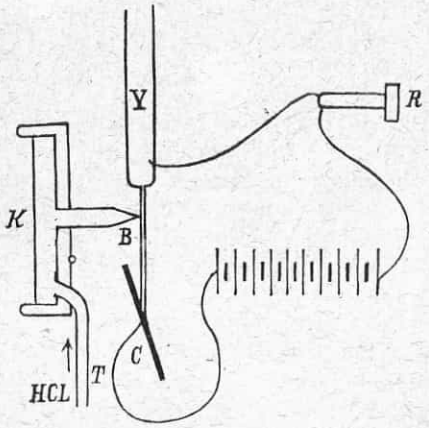


Fig. 82.

fono e di una pila che può avere forza elettromotrice anche elevatissima. In una capsula manometrica *K*, costruita in ebanite con membrana di vetro o di mica, circola gas cloridrico, ben secco, entrando da un tubo *T* ed uscendo dal beccuccio *B* assottigliato all'estremità (0,9 mm. di diametro). Parlando dinanzi all'imboccatura della capsula il getto gassoso uscente da *B* pulsa come quella di una fiamma manometrica,

e poichè esso è vicinissimo al getto d'acqua, rende questa più o meno conduttrice. Il telefono *R* ripete esattamente, come se fosse sollecitato da un ordinario microfono, le parole pronunziate in *K*. All'acido cloridrico può sostituirsi l'ammoniaca gassosa: l'intensità fonica di ricezione restando inalterata. Ma questa può essere accresciuta, complicando la disposizione coll'adoperare un getto liquido multiplo. Infatti non tutto il gas uscente da *B* resta nella indicata disposizione, assorbito da un solo getto liquido.

Microfono ad acido solforico. — Un tubo di vetro (fig. 83) *V* adduce acqua di fonte; l'altro *A* acqua acidula almeno per il dieci per cento di acido solforico. Il tutto ha una forma speciale indicata in figura; a destra è chiuso da una membrana *R* di couotchouc rosso elastico, ed è fornito nella parte inferiore di un sottil foro, il quale è esattamente affacciato al foro di efflusso del tubo *V*. Di questi due fori l'ultimo ha un diametro di 0,9 mm., e il primo di 1,0 mm. Il getto di acqua dolce traversa per brevissimo tratto (0,5 mm.) l'ambiente contenente acqua acidula, si acidifica così debolmente ed esce in seguito nell'atmosfera. La membrana *R* è connessa sul suo centro ad una lamina vibrante *I* fornita di imboccatura (non segnata sul disegno). Il getto d'acqua, battendo su di un pezzo di rame *C*, chiude anche qui il circuito di un telefono e di una pila. Le vibrazioni della lamina *I* sono comunicate all'altra più piccola *R* e da questa alla massa del liquido acidificato. La vena *L* esce allora più o meno acida, generando così variazioni nella resistenza del circuito telefonico. La pressione dell'acqua dev'essere di circa 10 m.; quella dell'acqua

acidula solo di 50 cm. circa. La riuscita dell'apparecchi dipende specialmente dalla conveniente scelta dei diametri dei fori di efflusso e dal loro adattamento.

Microfono elettrocapillare. — Già da molti anni sono note le proprietà capillari dei getti liquidi, ed esse,

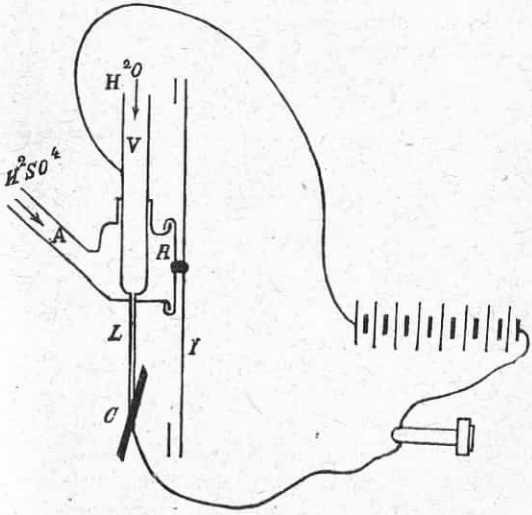


Fig. 83.

per merito di illustri fisici come Rouslegh, hanno formato oggetto d'interessanti studi. Chichester Bell, fin dal 1886, ha brevettato poi alcune disposizioni tendenti ad utilizzare praticamente tale proprietà.

Un getto liquido che fluisce da una bocca costruita secondo norme speciali, scorre limpido per una certa

lunghezza dipendentemente dalla grandezza della bocca, e dalla pressione di efflusso; si incomincia indi a rompere in goccie, le quali talvolta si succedono con frequenza sensibilmente costante e spesso elevatissima. Questa frequenza, può dirsi, rappresenta in determinate condizioni il periodo proprio di vibrazione del getto. Acusticamente si può osservare l'esistenza di questo periodo, facendo battere il getto (là dove incomincia a rompersi o semplicemente a contrarsi) su di una membrana elastica la quale, così, ripete esattamente il suono corrispondente a quel periodo; all'infuori del quale, si può costringere il getto a vibrare con periodi svariatissimi. Se vibrazioni meccaniche esterne (pur non avendo il carattere sonoro, giacchè non riescono a sollecitare il mezzo ambiente) vengono a colpire il getto liquido, si manifestano nella vena liquida contrazioni periodiche a più breve distanza dalla bocca del solito. Tali contrazioni seguono esattamente i periodi vibratori provenienti dall'esterno, per cui il getto costringe la membrana su cui batte a ripetere i suoni corrispondenti a quei periodi, questa corrispondenza è più esatta se la membrana è più vicina alla bocca di efflusso, ma in tal caso i suoni emessi sono più deboli. A distanze maggiori, incomincia a mescolarsi con i suoni anzidetti il periodo proprio del getto, che può riuscire a mascherare completamente gli altri. Se il getto batte su di una superficie liscia, all'incirca normale alla sua direzione, esso dà origine ad un velo liquido, il cui spessore è variabile, dipendentemente dalle vibrazioni del getto.

Questi fatti furono variamente utilizzati dal Bell,

al fine di ottenere ripetizione, rinforzo, registrazione, etc., di suono o parola di qualsiasi intensità, od anche a generare correnti elettriche variabili capaci di riprodurre in un ordinario ricevitore telefonico suoni e parole. La intensità di queste correnti è però secondo le disposizioni del Bell, troppo debole e non regge al confronto di quella che si può ottenere con gli ordinari microfoni; d'altra parte nessuno accorgimento fu adottato per ottenere una esatta corrispondenza fra le vibrazioni da trasmettere, e quelle della corrente; corrispondenza assolutamente necessaria se si vogliono superare grandi distanze, applicando il sistema alla trasmissione telefonica ordinaria.

Microfono elettro-capillare a diaframma orizzontale. — La disposizione da me impiegata, utilizzando questi principî fisici già da tempo noti, permette di ottenere correnti telefoniche di grandissima intensità e purezza, a differenza di quanto sin ora era conosciuto. Ecco una sommaria descrizione di un primo tipo di apparecchio:

La fig. 84 rappresenta, in sezione, una forma della disposizione di insieme del nuovo microfono. Una imboccatura *A* concentra le vibrazioni sonore esterne (suoni o parola) su di una membrana elastica orizzontale *B*. Questa è, nella sua parte centrale, traversata da un tubo *C* (il cui orificio inferiore è di costruzione speciale) connesso con altro tubo *D* che traversa l'imboccatura *A*. Il tubo *D*, solo in una piccolissima parte, è elastico, onde permettere le vibrazioni della membrana, le quali così vengono trasmesse al liquido contenuto nei tubi *D* e *C*. Il

modo con cui è ottenuta questa parziale elasticità, verrà definito in seguito. Il tubo *D* serve a far defluire, attraverso l'altro più corto *C*, un getto liquido *E* di acqua, resa conduttrice della elettricità da un

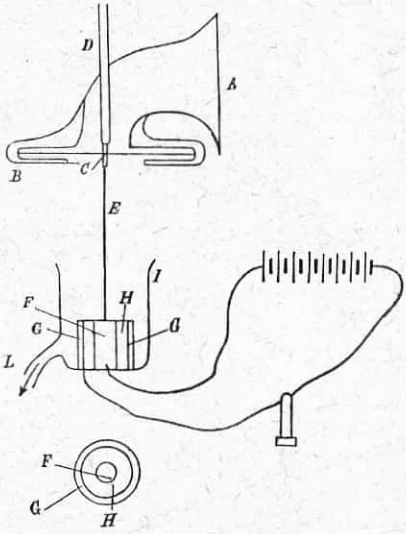


Fig. 84.

acido o da un sale, od anche di mercurio. Il getto liquido è alimentato da un serbatoio che può essere quale vogliasi e che non è segnato in figura. L'altezza del serbatoio può essere resa variabile mediante artificî che facilmente si intendono. Il getto liquido scorre limpido per una certa lunghezza al di là della

quale comincia spontaneamente e periodicamente a contrarsi con un periodo vibratorio dipendente dagli elementi costruttivi dell'apparecchio. In ogni caso occorrerà che tal periodo non intervenga sensibilmente, per cui si interromperà il deflusso verticale del getto ad una distanza relativamente breve. Ciò si ottiene mediante la superficie superiore piana e circolare di un congegno che denomino *collettore* e che verrà tosto descritto. Scopo del collettore è di occasionare in guisa variabile la chiusura di un circuito elettrico; variabilità che corrisponde alle contrazioni più o meno forti del getto provocate dai suoni che arrivano sulla membrana B.

Il collettore è costituito da almeno due pezzi conduttori cilindrici (F, G), costruiti di sostanza non attaccabile dal liquido del getto (generalmente platino). I due conduttori F, G, sono isolati fra di loro per mezzo di una sostanza solida H come vetro, porcellana, smalto, ebanite ecc., e la superficie superiore (rappresentata in pianta nella parte inferiore della fig. 84) è ben levigata, tanto che vi sia perfetta continuità fra le varie parti. Il collettore è sostenuto da un recipiente I, il quale porta una bocca di efflusso L. Il getto liquido battendo sul centro del collettore, si trasforma in un velo sottile che pone in comunicazione elettrica continua i due conduttori G, F. Un telefono M posto in circuito coi conduttori F, G e con una pila N, è percorso da corrente di intensità costante, quando non si producono davanti l'imboccatura A dei suoni, e quando, per conseguenza, il getto non si contrae. Se il getto è elettrolitico (di acqua) avviene in generale un fenomeno notevole di

elettrolisi alla superficie del collettore, al quale corrisponde, nel telefono, un leggero sibilio che non nuoce allo scopo per cui l'apparecchio deve servire. È assolutamente essenziale, se il liquido è elettrolitico, che le parti conduttrici del collettore presentino sulla superficie superiore di questo una larga estensione. Solo con ciò si possono ottenere correnti di alta intensità, e si rendono innocui i disturbi prodotti dall'elettrolisi, di cui si è detto.

Quando suoni esterni sollecitano la membrana *B*, la bocca di efflusso entra in vibrazione, e per conseguenza il getto *E* si contrae sensibilmente ed in guisa variabile, tanto che sul collettore il velo liquido che si forma viene ad assumere spessori continuamente variabili. L'intensità della corrente telefonica è dunque variabile e si ottiene così la riproduzione dei suoni o delle parole prodotte davanti ad *A*. È evidente che il telefono *M* anzichè essere inserito direttamente sul circuito della pila *N* e del collettore, può essere posto, insieme ad una linea telefonica, sul secondario di una bobina di induzione, il cui primario prenderebbe l'attuale suo posto.

Microfono elettro-capillare a diaframma verticale. — Tutto restando come nella fig. 84, la connessione della membrana alla bocca di efflusso si può fare come nella fig. 85, dove la imboccatura *A* è fornita della membrana verticale *B*. Questa è collegata con l'estremità inferiore del tubo *D* (anche qui parzialmente elastico, come verrà spiegato in seguito) che adduce il liquido conduttore, il quale, formando un getto *E*, compie esattamente le stesse funzioni che nella fig. 84.

Particolarità costruttive dei microfoni elettro-capillari. — Affinchè il getto liquido scorra limpido per una certa lunghezza, occorre che la bocca di efflusso abbia un diametro notevolmente più piccolo di quello del tubo adduttore. Se questo non avesse altre accidentalità in vicinanza della bocca dell'efflusso, basterebbe che il diametro di questa fosse uguale a due terzi circa del diametro interno del tubo; ma poichè, come si vedrà, è necessario praticare soluzioni di continuità della sostanza rigida principale (ordinariamente vetro), così è necessario ingrandire il diametro del tubo di fronte a quello della bocca. Per esempio si ottengono buoni risultati se il tubo di efflusso ha un diametro interno di 3 a 4 mm., e la bocca di 1 a 1,5 mm. Ma questi dati non hanno valore assoluto e possono variare notevolmente. In oltre, lo spessore della parete su cui è praticata la bocca di efflusso deve essere sottilissimo, specialmente in vicinanza delle labbra di questa.

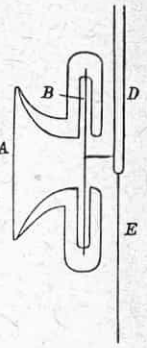


Fig. 85.

Il tubo non deve essere elastico in tutta la sua lunghezza, giacchè altrimenti le vibrazione propagandosi molto al di là del punto di collegamento con la membrana, non venendo smorzate immediatamente, a causa dell'inerzia del materiale con cui quello è costruito (per solito di caoutchouc), o del liquido in esso contenuto, darebbero luogo a vibrazioni secondarie e di bassa frequenza le quali si sommerebbero perturbandole, alle altre che occorre trasmettere. L'in-

conveniente di un tal fatto si rileva specialmente attraverso linee telefoniche di grande lunghezza dove avviene che i suoni più acuti vengono facilmente attenuati, mentre quelli più bassi, tra cui i suoni perturbatori citati, si propagano con notevole intensità, riuscendo talvolta ad annullare completamente la comprensibilità della parola. I modi con cui si realizza la detta parziale elasticità del tubo *D*, sono svariati ed i principali sono qui appresso descritti.

Le fig. 86 fino a 96, indicano semplicemente la costruzione del tubo *D* in connessione con la membrana vibrante *B*. Le figure 86 sino a 90 si riferiscono alla disposizione della fig. 84; le fig. 92 sino a 96 alla variante indicata nella fig. 85.

Nella fig. 86 la membrana *B* è traversata al centro dal corto tubo *C* (solidale con essa), che ha nella sua parte inferiore la bocca di efflusso. I diametri interni dei due tubi sono all'incirca eguali, ed il bordo superiore di *C* è vicinissimo all'inferiore di *D*. I due tubi sono collegati da un corto tubo di caoutchouc *O*, il quale con la sua elasticità permette le libere vibrazioni della membrana senza che ad esse prenda parte il tubo *D*.

La fig. 87 differisce dalla 86 per la posizione del tubo *C*, il quale ha la bocca di efflusso in alto. Il getto liquido comincia a scorrere nel suo interno, senza toccarne le pareti. Con ciò si ha il vantaggio di evitare gli inconvenienti derivanti dalla presenza di eccessiva massa liquida in vicinanza della bocca di efflusso, la quale ultima rimane così vicinissima al punto in cui il tubo è elastico.

Nella fig. 88, al fine di diminuire ancora la massa

liquida in vicinanza della bocca di efflusso, il tubo *D* è leggermente strozzato nella sua parte inferiore,

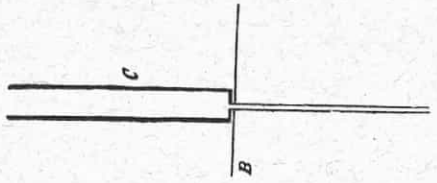


Fig. 89.

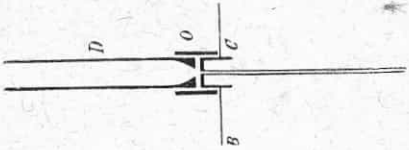


Fig. 88.

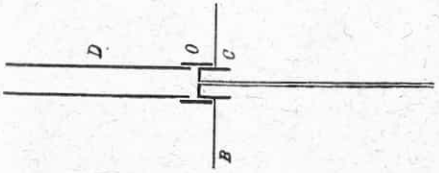


Fig. 87.

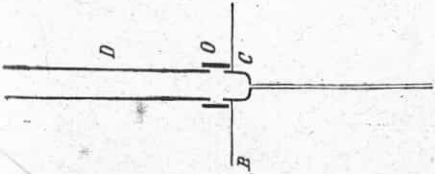


Fig. 86.

conservando un diametro di poco superiore o tutto al più eguale a quello della bocca.

Nella fig. 89 è eliminata ogni connessione solida del tubo adduttore del liquido con la membrana. Il getto proveniente dalla bocca di efflusso, di cui è fornito il tubo *C* traversa toccandolo appena su i bordi, un foro praticato sul centro della membrana, di grandezza a un dipresso eguale a quello della bocca. La membrana può essere di un solo materiale, oppure portare in vicinanza del foro, una guarnizione specialmente adatta ad essere forata con foro a bordi netti (vetro, platino ecc.).

Neanche nella fig. 90 il tubo *C* è connesso rigidamente con la membrana *B*, che è anche qui forata come nella fig. 89. Il tubo *D* non è strozzato o quasi nella sua parte inferiore, e il suo bordo rimane vicinissimo alla membrana. La corrente liquida si divide così in due parti: la parte centrale forma il getto che interessa; la parte periferica, spandendosi in un velo sottile sulla membrana, ricade poi lateralmente, senza che con ciò vengano perturbate le vibrazioni sonore della membrana stessa.

La fig. 91 (che insieme colle seguenti si riferisce alla variante della fig. 85), è simile alla fig. 86; ne differisce solo pel fatto che la membrana verticale *B*, agisce per mezzo di un'asticina rigida *P*, su di una parte del tubo di caoutchouc *O* di connessione tra i tubi *D* e *C*.

Così pure la fig. 90 è analoga alla 87.

Nella fig. 91 i due tubi già indicati con *D* e *C* nelle altre figure, sono trasformati in un solo tubo *Q* che porta la bocca di efflusso. Lateralmente ed in vicinanza di questa è praticata sul tubo un'apertura *R*, la quale è ricoperta da una membrana elastica che

può essere costituita infilando sul tubo *C* un tubo di caoutchouc, oppure in altra maniera simile. Così l'apertura *R* rimane chiusa e da essa non può uscire il liquido. Contro la parete elastica che chiude *R*, si appoggia l'asticina *P* portata dalla membrana *B*.

Nella fig. 94, il tubo adduttore porta ancora una apertura chiusa da un corto stantuffo *S* a dolcissimo

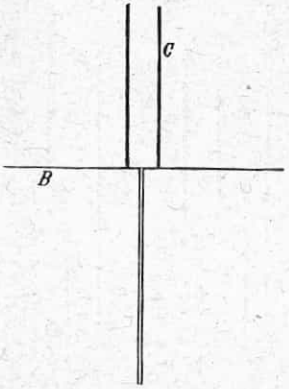


Fig. 90.

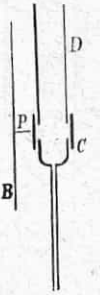


Fig. 91.

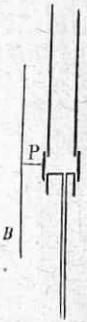


Fig. 92.

sfregamento. Poichè è assai difficile ottenere una perfetta tenuta senza generare soverchio attrito, è preferibile connettere un tubo di caoutchouc *T* sullo stantuffo e sul bordo dell'apertura del tubo. Lo stantuffo è fissato lateralmente sulla membrana verticale *B*, le cui vibrazioni si trasmettono ad *S* a causa della elasticità del caoutchouc *T*.

Le fig. 95 e 96 sono simili alla precedente; l'a-

pertura del tubo adduttore è chiusa nella prima da una valvola conica *U*, nella seconda da un valvola piana *V*, le quali sono poste in vibrazione dalla membrana *B*. Le valvole sono non mai addossate completamente all'apertura del tubo, per cui ha luogo una piccola perdita continua di liquido, ma essa non nuoce alla formazione del getto principale.

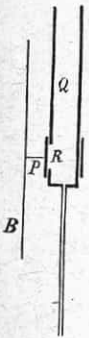


Fig. 93.

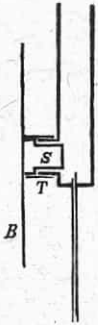


Fig. 94.

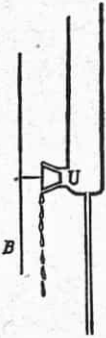


Fig. 95.

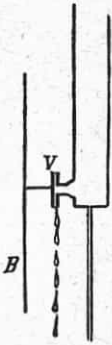


Fig. 96.

È evidente che molte altre disposizioni si possono immaginare, ma sarebbero tutte semplici varianti delle descritte, giacchè raggiungerebbero sempre lo stesso scopo di lasciare agire la membrana vibrante, su di una piccola parte del tubo adduttore del liquido, resa convenientemente elastica o mobile.

Con una qualunque delle disposizioni descritte, le contrazioni del getto sono molto prossimamente cor-

rispondenti per ampiezza e frequenza alle vibrazioni sonore che investono la membrana e non avviene sensibile sovrapposizione di altri periodi, se il collettore di cui ora sarà detto non sia troppo discosto dalla bocca di efflusso. Interessa poi che la intensità delle correnti telefoniche sia del più grande valore possibile, e a tal fine il collettore deve avere una superficie possibilmente grande. La forma del collettore indicata nella parte inferiore della fig. 84, non è la sola che si può adoperare, giacchè la superficie superiore di questo apparecchio può, anzichè piana, essere conica: il vertice del cono sarebbe rivolto in alto e su di esso il getto verrebbe a cadere. Così pure, anzichè adoperare due soli anelli metallici se ne possono impiegare un numero maggiore, isolandoli ben inteso uno dall'altro e connettendoli indi alternativamente.

In tutte le descritte forme del microfono elettrocapillare le vibrazioni sonore sono trasmesse al getto direttamente attraverso l'aria e la membrana vibrante. Ma questa può (se è fornita di guarnizioni di ferro) vibrare anche sotto l'azione elettro-magnetica, come in un ordinario ricevitore telefonico; in cotal guisa anzichè parlare dinanzi a un microfono idraulico si può parlare davanti ad un microfono ordinario, ottenendo, con questo artificio, notevole rinforzo della corrente telefonica. È poi evidente, se si adotta quest'ultima disposizione, che la membrana del microfono idraulico può essere abolita e sostituita da una semplice armatura di ferro assai leggera, che possa vibrare senza periodo proprio. Con ciò il microfono idraulico, non essendo più for-

nito di una larga superficie vibrante, quale era quella della membrana, non trasmette all'aria circostante alcun suono, e solo l'armatura di ferro e il getto idraulico sono sedi di vibrazioni che però son quasi inudibili. Anche in questa forma rimane di primaria importanza la particolarità di costringere a vibrare

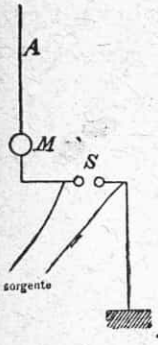


Fig. 97.

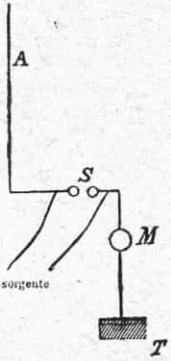


Fig. 98.

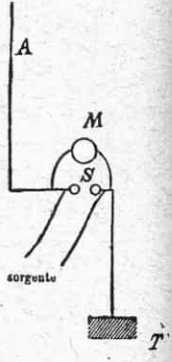


Fig. 99.

solo una piccola parte del tubo adduttore del getto liquido.

Una delle tre figure 97, 98 e 99, indica la disposizione da adottarsi; in esse, *A* è l'antenna, *T* è la terra, *S* il tratto esplosivo. *M* il microfono. Volta per volta occorre però sciogliere convenientemente il valore della resistenza elettrica media del microfono dipendentemente dalle differenze di potenziale e dalle intensità di corrente in giuoco. Il tipo di microfono che ha dato i migliori risultati è il microfono elettro-

capillare; in certi casi il titolo dell'acqua acidula impiegata era bassissimo.

Nelle disposizioni attuali riesce di grande convenienza pratica il fatto che il luogo dove si formano le scintille (spinterometro rotante) sia assolutamente separato dal punto in cui la parola agisce sul circuito.

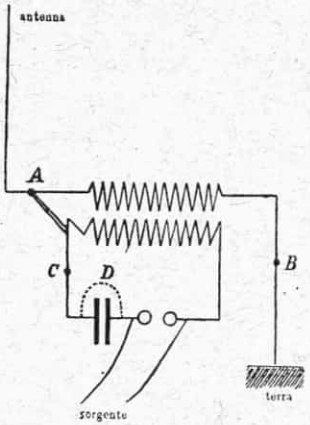


Fig. 100.

In tutte le indicate disposizioni, non mi son sinora mai preoccupato di individuare il periodo proprio delle oscillazioni di ciascuna scintilla. Ma si può facilmente rendere più persistenti tali scariche adottando disposizioni analoghe a quelle della telegrafia senza filo. Così per esempio la fig. 100 va completata con l'inserzione del microfono idraulico: questo può essere posto o in *A*, o in *B*, o in *C*, o in *D*. La sta-

zione ricevente è poi costituita da apparati esattamente accordati con quelli della trasmittente, e poichè ciò rappresenta una tecnica già completamente conosciuta per lo stato attuale della scienza radio-telegrafica, mi dispenso dall'entrare in ulteriori particolari su tale argomento.

I risultati ottenuti con l'applicazione del microfono idraulico agli apparecchi di telefonia senza filo, sono come nettezza superiori a quelli già avuti con l'uso della vena liquida di mercurio, ma alquanto più deboli.

CAPITOLO VI

I VARI SISTEMI ADATTI A « RIVELARE » LE OSCILLAZIONI RADIOTELEFONICHE ED A RIPRODURRE I SUONI E LE PAROLE.

32. Nella moderna tecnica della radiotelefonia, la ricezione dei fonogrammi ha luogo, ormai, esclusivamente per mezzo degli *audions* che sono, tra gli innumerevoli tipi di « cimoscopî » proposti per la rivelazione delle oscillazioni elettromagnetiche, i più *sensibili*, i meno *sregolabili* e i meno *inerti*.

Tuttavia, in taluni casi si fa uso ancora delle varie categorie di *detectors*, sicchè noi descriveremo anche questi rifacendoci dai più antichi che sono quelli magnetici.

Occorre brevemente premettere che tutti i cimoscopi si distinguono in due categorie a seconda che essi reagiscono meglio all'*ampiezza* della *prima* onda in arrivo o all'*integrazione* dell'energia di *tutte* le onde di una oscillazione. Evidentemente questi ultimi cimoscopi sono i più sensibili perchè offrono il rendimento più elevato. Alla prima categoria appartengono il vecchio *coherer* e il *detector magnetico*. alla seconda gli elettrolitici, i cristalli, gli *audions*,

Il detector magnetico, inventato da Wilson e perfezionato da Marconi nel 1902, si basa sul noto fenomeno dell'*isteresi* magnetica del ferro. Isteresi significa *ritardo* e sta appunto a rappresentare il ritardo che si manifesta nella calamitazione del ferro quando un pezzo di esso è sottoposto ad un'azione magnetizzante che varia d'intensità. È stato notato che se la forza magnetizzante aumenta progressivamente fino, per esempio, al valore arbitrario di 10 ed appena arrivata a 10 improvvisamente decresce, la magnetizzazione del ferro *non fa a tempo* a raggiungere il valore di 10, ma solo arriverà a 9 od a 8. Analogamente, se una forza magnetizzante di valore qualsiasi si esercita sul ferro per un certo periodo, e improvvisamente viene a cessare, il ferro *non fa a tempo* a liberarsi del magnetismo *contemporaneamente* al cessare dell'azione magnetizzante, ed un residuo di energia magnetica rimane per qualche attimo nel ferro diminuendo progressivamente fino a sparire.

Su questo ritardo o *isteresi* influiscono beneficamente le onde nel senso di accelerare il ciclo d'isteresi o, in altre parole, distruggere il ritardo.

Ciò posto, vediamo com'è organizzato il detector magnetico.

Un fascio malleabile di sottilissimi fili di ferro dolce coperti di seta B è avvolto su due puleggie P e P' di ebanite isolante, una delle quali (puleggia motrice) è messa in lento movimento da un congegno d'orologeria o da un motorino, in modo che il fascio di fili scorre lentamente, con la velocità di circa mezzo metro al minuto, come nelle gole di una doppia

carrucola. Durante il suo movimento, il fascio di fili viene a passare dentro a un tubicino di vetro *C*, sul quale è avvolto, come sopra un rocchetto, uno strato di filo di rame che da un lato fa capo all'*aereo* e dall'altro alla terra. Sopra il tubetto *C*, nella zona mediana è disposto un secondo rocchetto *D*, di filo di

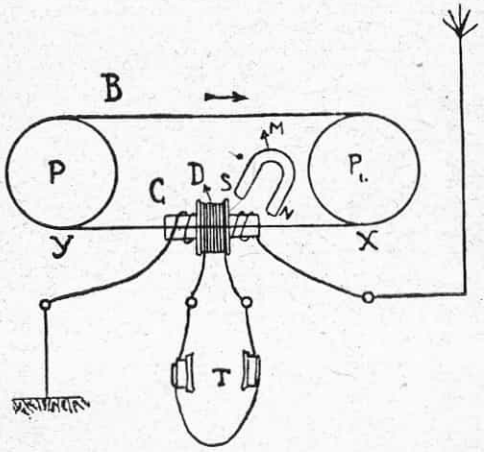


Fig. 101.

rame più grosso, incluso nel circuito del telefono ricevitore. A cortissima distanza dai due rocchetti trovasi un magnete *M* a ferro di cavallo con una delle sue polarità affacciata ai rocchetti e l'altra all'estremità del tubicino, all'ingresso del fascio dei fili.

Vediamo ora come il complesso funziona. Prendiamo a considerare un piccolo tratto di filo, o meglio,

una *molecola* del ferro in fascio. Dapprima essa si avvicina al polo *nord* del magnete e ne riceve una magnetizzazione *sud*, in omaggio alla nota legge dell'induzione magnetica. Poi si allontana dal polo nord e man mano che se ne distanzia la magnetizzazione diminuisce. Indi entra nel tubetto e comincia a risentire l'influenza del polo sud in virtù della quale la molecola dovrebbe perdere la magnetizzazione di

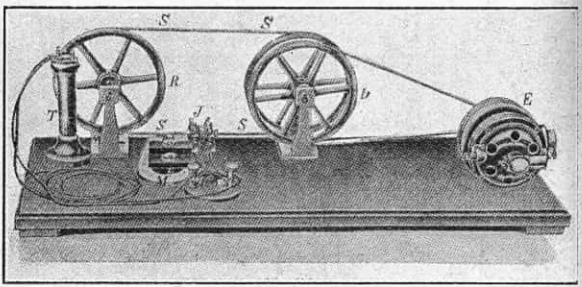


Fig. 102.

polo sud per assumere quella contraria, ma l'isteresi vi si oppone e il magnetismo di polo nord subisce un ritardo nel manifestarsi. La molecola intanto è arrivata al centro del tubetto e a questo punto il contrasto tra le due magnetizzazioni di senso contrario si rende più vivo; ma proprio nello stesso momento si fa sentire l'influenza delle onde sulla molecola di ferro attraverso i rocchetti; essa perde l'isteresi ed assume decisamente la magnetizzazione nord. Questo brusco cambiamento non è senza conseguenze

nel complesso elettromagnetico del sistema, poichè, in definitiva, i due avvolgimenti costituiscono una bobina d'induzione; l'interna e subitanea variazione del campo magnetico indurrà una corrente nel primo avvolgimento; questa nel secondo, e la rapida corrente si manifesterà nel telefono con un colpetto della sua lamina.

È chiaro che, svolgendosi la treccia dei fili in modo continuo, vi saranno sempre delle molecole pronte a subire l'influenza delle oscillazioni in arrivo ed a tradurle, nel telefono, in *punti* e *linee* dell'alfabeto Morse secondo che le scintille emesse dal posto trasmettitore siano in gruppi brevi o lunghi, od a ripetere il giuoco delle vibrazioni sonore se le onde in arrivo vengono emesse da un radiotelefono.

Trattandosi invece di onde latrici di vibrazioni acustiche, il detector reagirà alle variazioni del loro regime (*ampiezza* dell'onda), ma data la sua inerzia, esso non potrà rivelare se non i suoni compresi in una certa *gamma*. Locchè rende il detector magnetico un apparecchio assai imperfetto per essere usato in radiotelefonia.

33. Passiamo ad esaminare i detectors *a cristalli*. Essi si fondano sul principio della « conducibilità unilaterale » di taluni cristalli, come la pirite, la galena, il carborundum e molti altri. La conducibilità unilaterale o « proprietà raddrizzatrice » di questi cristalli consiste nel fatto che se un pezzetto di galena o di pirite viene incluso in un circuito percorso da correnti alternate, il cristallo lascia passare le correnti di un senso ed oppone una resistenza invincibile alle correnti di senso opposto.

Esaminiamo partitamente il modo di funzionare di questi « raddrizzatori ».

Noi sappiamo che l'apparato *trasmettitore* radiotelefonico assume l'incarico di trasformare in vibrazioni *elettromagnetiche* le vibrazioni *acustiche* della voce parlata.

Alla stazione ricevente che cosa avverrebbe se noi inviassimo le onde in arrivo direttamente nel telefono? Il telefono non renderebbe alcun suono, perchè

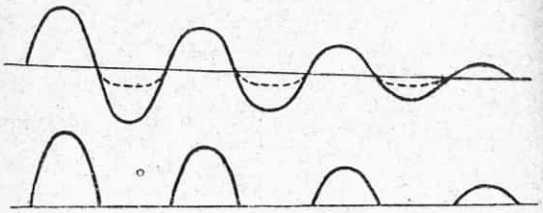


Fig. 103.

essendo le oscillazioni in arrivo sull'aereo e nel telefono di senso *alternante*, i valori positivi della corrente contrastano di continuo con quelli negativi e rendono *nullo* l'effetto totale. Occorre, dunque, che un qualche mezzo intervenga per ottenere che il valore medio tra il senso positivo e il senso negativo di ogni oscillazione risulti diverso da zero ed abbia perciò un valore attivo qualsiasi.

I *raddrizzatori* adempiono egregiamente a questa funzione. Vedasi alla fig. 103 un diagramma di onda e vedasi al di sotto la trasformazione in essa avvenuta allorquando il cristallino a conducibilità unilaterale

ha praticamente « soppresse » le mezze onde di un senso. Ora la corrente ha un valore attivo; da *alternata* essa è divenuta *pulsante* (vale a dire *interrotta e di intensità variabile ma di senso uniforme*) e il telefono, che attraversato da una corrente continua o da una rapida corrente alternata non darebbe alcun suono, attraversato invece da una corrente *pulsante* è in grado di funzionare se la *rapidità* di queste pulsazioni

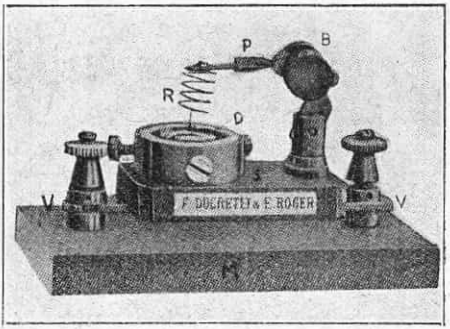


Fig. 104.

non è superiore alla sua *inerzia* o se qualche altro elemento (modulazione microfonica) è intervenuto a renderne percettibile la frequenza.

Occorre dire che il cristallo non elimina *completamente* la semionda negativa, bensì la *riduce* sensibilmente, ma ciò è, in pratica, più che bastevole per ottenerne un effetto utile. Se il cristallo usato è, come di frequente, il *carborundum*, nel circuito oscillante viene inserita una pila: la tensione di essa — oppor-

tunamente regolata da un *potenziometro* — s'aggiunge alla tensione della semionda positiva e l'effetto totale viene così aumentato.

In realtà, la relazione elettrica tra la pila e il cristallo non è così semplice come l'abbiamo esposta: i fenomeni risultano di gran lunga più complicati ma l'indole di questa operetta non ci consente di esporli.

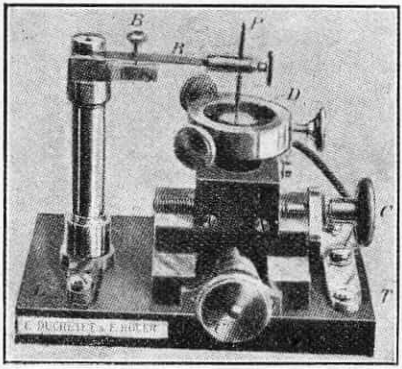


Fig. 105.

I detectors a cristalli sono costituiti in un modo assai semplice nelle diverse forme. Una capsula *D*, di rame, contiene il pezzetto di cristallo saldato alla capsula come una colata di piombo. Una punta di platino, o d'argento, *P*, sostenuta da una molletta d'acciaio *R*, a spirale o piatta, tocca il cristallo colla sua estremità e gli si mantiene a dolce contatto. Alcune viti micrometriche *C* e *B* regolano la pressione

della punta sul cristallo e la posizione reciproca. Una coppia di serrafili permette d'inserire l'apparecchio in un circuito.

Le fig. 106 e 107 mostrano due delle molte disposizioni adottate per inserire i detectors a cristalli nei

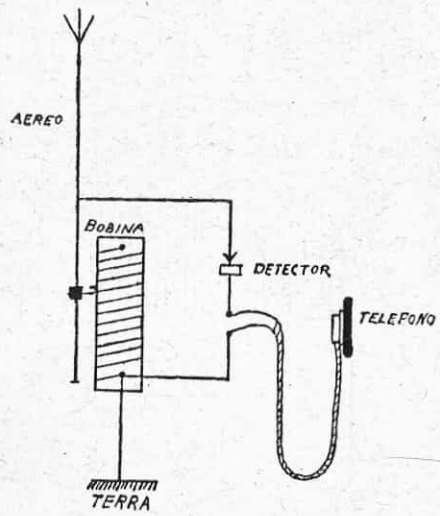


Fig. 106.

circuiti di ricezione. Si tratta, come vedesi, dei soliti sistemi adottati per la radiotelegrafia e noi rimandiamo senz'altro ai trattati in proposito chi avesse occorrenza di maggiori spiegazioni.

34. Un altro genere di detectors usati, per quanto ormai pochissimo, in radiotelefonia, è quello degli *elettrolitici*.

I *detectors elettrolitici*, inventati da Fessenden e modificati e introdotti in pratica dal Ferrié, si basano anch'essi sul principio della conducibilità unilaterale.

Un tipo moderno di questi detectors è costituito

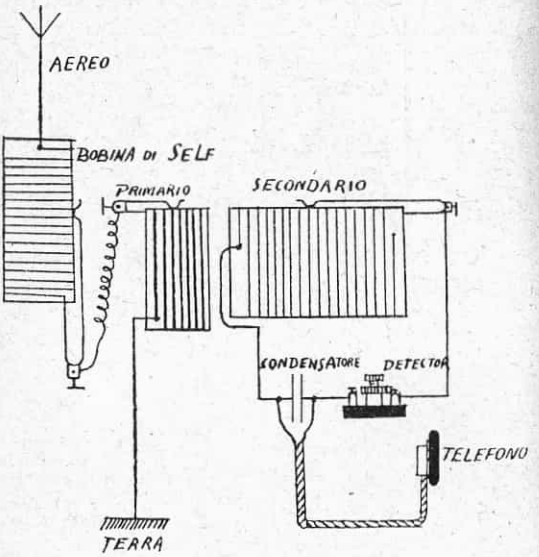


Fig. 107.

essenzialmente da un piccolo recipiente di vetro, della capacità di tre o quattro centimetri cubi, con entro dell'acqua acidulata. Il recipiente possiede un coperchio *M* di ebanite, che chiude in modo ermetico.

Nel liquido pescano due fili di platino: uno, *c*,

intieramente nudo, l'altro rinchiuso in un tubicino di vetro terminante a punta, *a*, nella quale s'insinua, fino ad uscire fuori del vetro per appena $\frac{1}{100}$ di millimetro, il filo di platino.

Il funzionamento di questo detector è in molto simile a quello di un interruttore elettrolitico Wenhelt.

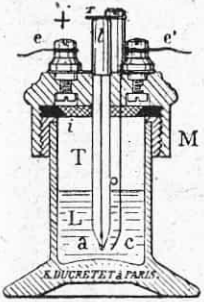


Fig. 108.

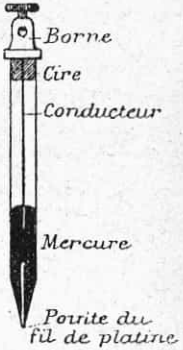


Fig. 109.

La tensione positiva del circuito esterno (1 o 2 volts nel caso del detector) penetrando nel filo *a*, tende a scaricarsi sul filo *c*, chiudendo il circuito. Ed infatti una breve corrente, uscendo dall'estremo di *a*, attraversa il liquido e si chiude su *c*, ma nel passare per l'acqua acidulata dà luogo ad un minuscolo fenomeno di elettrolisi tra le due punte; ne nasce una bollicina di gas che oppone resistenza tra le punte medesime e rompe il circuito. Subito la corrente cessa e il feno-

meno d'elettrolisi più non ha luogo; l'artificiale resistenza tra le due punte viene a mancare e la tensione fra *a* e *c* riprende il suo giuoco. *Deinde* una nuova bollicina di gas, una nuova interruzione, e così di seguito per qualche istante, finchè, logorandosi la minuscola porzione di platino fuoruscente dal tubicino di vetro, una condizione di equilibrio non viene a stabilirsi. Il fenomeno di elettrolisi viene a tal punto ridotto che la ritmica interruzione non ha più luogo e il detector, inserito nel circuito di un ordinario telefono non invia negli avvolgimenti di questo che una minima corrente continua incapace di far udire un suono. Ma se, a questo punto, intervengono le oscillazioni elettriche, in modo che la corrente positiva di una di esse faccia capo all'estremo *a*, la tensione di questa corrente si aggiunge alla tensione di ugual senso della pila ed entrambe le correnti cooperano a ripristinare il giuoco delle rapide interruzioni. È chiaro che soltanto le correnti *positive*, essendo di ugual senso con quelle della pila, favoriscono il fenomeno, mentre le correnti *negative* di ogni oscillazione, presentandosi di senso contrario, non conferiscono alla corrente del circuito l'aumento necessario per indurre tra *a* e *c* il fenomeno elettrolitico.

Così avviene che la *conducibilità unilaterale* di questo detector, disturbando il regime di quiete detector-pila-telefono, rimanda al telefono tutti gli effetti delle rapide interruzioni cagionate dalle onde e riproduce in esso tutto il ritmo variato delle onde in arrivo.

La fig. 110 mostra uno dei tanti metodi per includere l'elettrolitico in un circuito ricevitore radiote-

legrafico o radiotelefonico. Dall'aereo le onde in arrivo scendono al corsoio *c* di un trasformatore *en Oudin*, regolabile a seconda della necessità della sintonia tanto a mezzo del corsoio *c* quanto a mezzo del corsoio *c'*. Il trasformatore è in serie sopra un con-

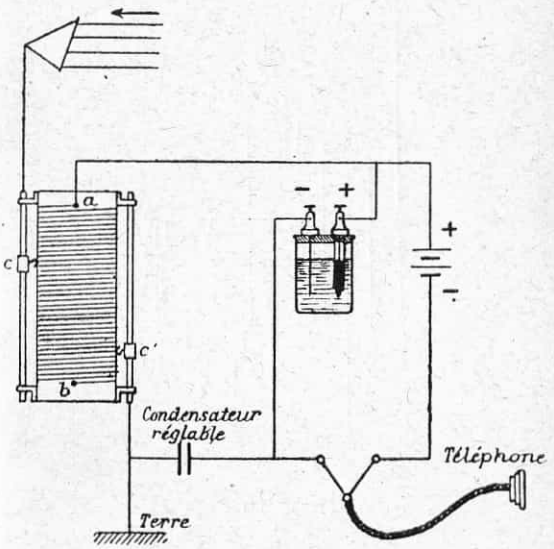


Fig. 110.

densatore regolabile, un telefono, ed uno o due elementi di pila. Anche in questo caso l'ufficio del condensatore è quello di vietare alla corrente continua della pila di chiudere circuito attraverso l'oscillatore. *In derivazione*, fra condensatore e telefono è inserito l'elettrolitico.

La fig. 111 mostra un altro dei modi di inclusione dell'elettrolitico nel circuito ricettore.

Le fig. 112, 113 mostrano alcuni tipi di realizzazione tecnica di complessi ricevitori per telegrafia e tele-

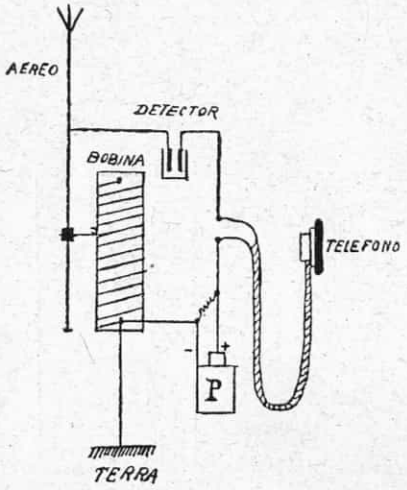


Fig. 111.

fonia senza fili, quali sono messi in commercio dalla Casa Ducretet et Roger di Parigi.

Quello della fig. 114 è un ricevitore murale o da tavolo, con elettrolitico *D* e cristallo *G*, monotelefono *R*, commutatore *C*, self regolabile *M* e condensatore regolabile *M*, commutatore a gancio *I* che *mette a terra* nei periodi di riposo. Il tipo di cui alla fig. 112,

da tavolo, a chiusura completa, comprende due elettrolitici E' ed un cristallo λ, un potenziometro, una cuffia S e vari apparecchi d'accordo.

Il tipo murale di cui alla fig. 114 comprende, su

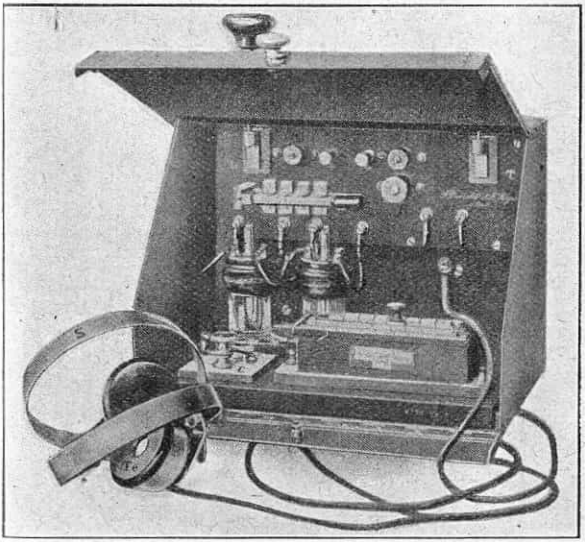


Fig. 112.

per giù, gli stessi elementi collegati fra loro elettricamente nel modo indicato dallo schema.

Tutti questi tipi sono costruiti specialmente per la radiotelegrafia ma possono servire sufficientemente bene anche per la radiotelefonia a distanze non grandi e quando non si abbiano eccessive pretese.

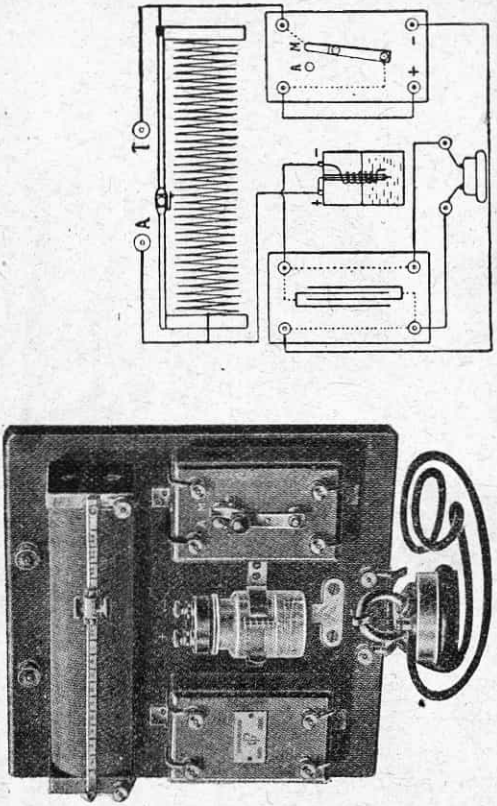


Fig. 113.

Un altro sistema di rivelazione delle onde, ormai in disuso, è quello *a contatto termoelettrico.*

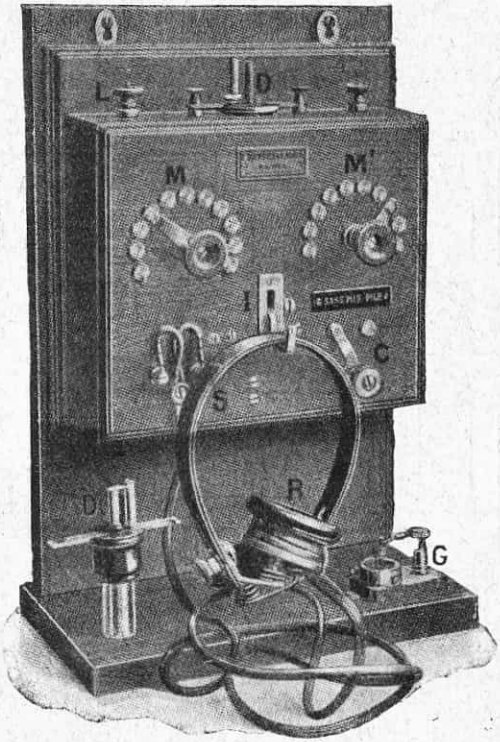


Fig. 114.

A (fig. 115) è il solito aereo che riceve le onde e le

scarica a terra attraverso un trasformatore *T*, il cui primario si chiude in circuito attraverso un condensatore *C*. Per risonanza si chiude anche un secondo circuito attraverso un piccolo condensatore ed una *punta* termoelettrica *P*. La punta termoelettrica è una punta di platino che poggia a lieve con-

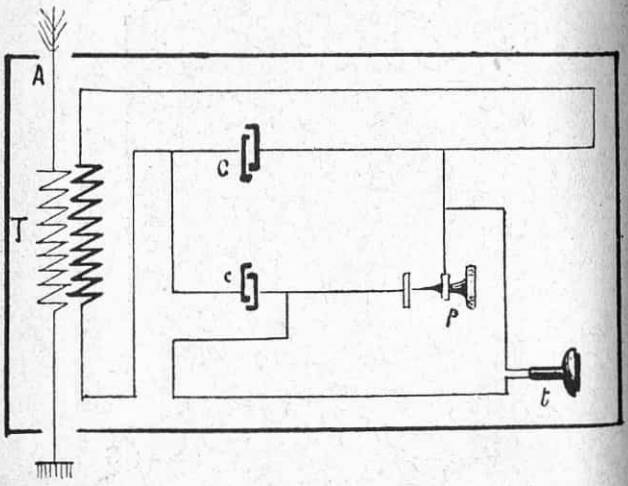


Fig. 115.

tatto con un dischetto di rame ed ha la proprietà di emettere una tenuissima corrente allorquando il contatto tra i due metalli si riscalda anche lievemente. Le onde hanno appunto la virtù di eccitare questo riscaldamento ed allora il fenomeno termoelettrico si produce e manda una piccola corrente sul telefono *T*, che si avverte con un rumore od un suono.

36. Tutti i sistemi di rivelazione delle onde sin qui descritti si può dire appartengano alla storia, giacchè l'introduzione nella pratica dei *tubi a vuoto*, chiamati anche « valvole termoioniche » o « valvole a tre elettrodi » od anche semplicemente *valvole* o « audions » data la loro enorme sensibilità, la loro costanza di funzionamento, le loro qualità *amplificatrici* e so-

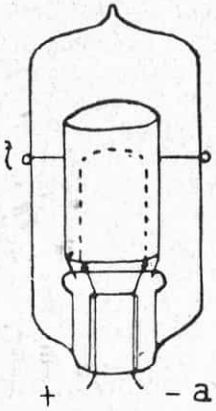


Fig. 116.

pratutto la loro quasi assoluta mancanza d'inerzia, ha bandito e relegato al museo qualsiasi altro « cimoscopio ». Inoltre essi sono ad « effetto integrale », utilizzano cioè tutte le oscillazioni dell'onda ricevuta e non soltanto le prime, di maggiore ampiezza. I tubi a vuoto derivano dalla *valvola di Fleeming* (fig. 116), la quale consiste in una ordinaria lampada elettrica ad incandescenza attorno al cui filamento

di carbone è disposto un cilindretto metallico laminato ed attaccato ad un filo di platino perchè questo metallo, sotto l'azione del calore, si dilata nell'istessa misura del vetro della lampada, che altrimenti si romperebbe. Questa disposizione dà luogo ad un fenomeno interessante: allorquando la lampada è accesa, se si prova a far passare una corrente di una pila del cilindretto al filamento, la corrente passa (un galvanometro incluso dà una deviazione), ma se invece si prova a far passare la corrente in senso inverso, dal filamento cioè al cilindretto, si osserva che la cosa non è possibile e che il galvanometro non dà alcuna deviazione.

Come si spiega questo fatto? La teoria ne è complicata e si ricollega a tutta la teoria elettrica degli ioni ed elettroni che esce evidentemente dai limiti impostici nella presente operetta. Diremo che il filamento incandescente, come tutti i corpi arroventati, emette dei piccoli corpuscoli carichi di elettricità negativa. Se, perciò, nell'interno della lampada si trova una lamina metallica, questa agisce nel senso di raccogliere l'irradiazione elettronica del filamento incandescente, e lo spazio tra la lamina e il filamento si *ionizza* e diviene conduttore. Ora l'esperienza insegna che lo spazio ionizzato possiede una *conducibilità unilaterale*, esso, cioè, ostacola il passaggio delle correnti dirette in un senso e favorisce il passaggio delle correnti dirette in senso contrario. Lo spazio ionizzato possiede dunque proprietà raddrizzatrici e funziona da valvola. Incluso in un complesso ricettatore radiotelegrafico o radiotelefonico, esso permette il passaggio delle semionde di un dato senso e ostacola quelle di senso contrario.

Il dispositivo della fig. 117 mostra come si organizza l'esperimento: il circuito così disposto lascia passare la corrente nel galvanometro, ma se si arrovesciano i poli della batteria *A* delle dieci pile, il galvanometro non darà deviazione.

Questa singolare proprietà della valvola Fleeming

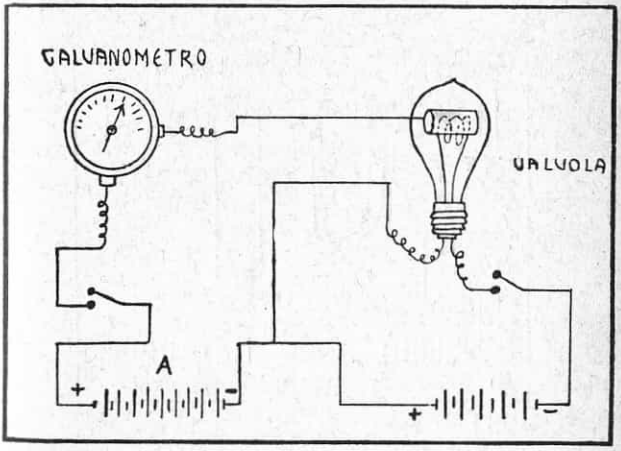


Fig. 117-118.

viene sfruttata per la radiotelefonia. All'uopo il De Forest introduce in essa una modificazione dandole l'aspetto definitivo di cui alla fig. 119.

Nel solito bulbo di vetro a vuoto pneumatico è disposto il filamento; il cilindretto è sostituito da una laminetta e nel mezzo, a distanza di un paio di millimetri, è situata una reticella, pure di metallo, chiamata griglia.

Per ottenere un ottimo ricevitore radiofonico occorre mettere l'« audion » in circuito nel modo indicato dalla fig. 119. Le ondulazioni elettromagnetiche provenienti dalla stazione trasmettitrice scendono dall'aereo al trasformatore *T*, il quale eccita delle correnti alternate nel circuito filo secondario del trasformatore, condensatore *C*, batteria *B*, filamento reti-

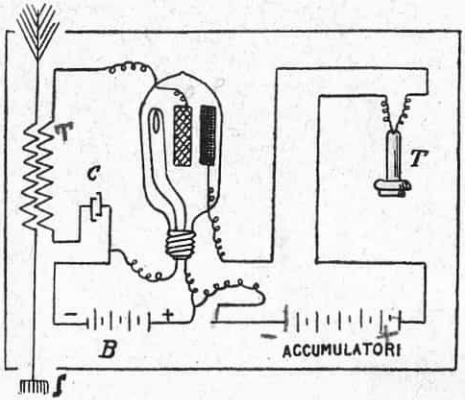


Fig. 119.

cella *R*. Il filamento è reso incandescente in permanenza dalla batteria *B* di 5 accumulatori. Un'altra batteria di 15 accumulatori manda una corrente attraverso il telefono alla laminetta e da questa (secondo la teoria della valvola Fleeming) la corrente può passare al filamento e da esso tornare al polo negativo della batteria. Ma la reticella posta tra lamiera e filamento, quando si trova in condizioni normali,

vale a dire quando non è colpita dalle ondulazioni alternate del suo circuito, non lascia passare la corrente dalla lamiera al filamento.

In sostanza l'audion gode, come i cristalli e gli elettrolitici, della proprietà *raddrizzatrice*.

Nei complessi ricevitori radiotelefonici, tra la griglia e il filamento viene applicata la differenza di potenziale oscillatoria eccitata nel circuito secondario della corrente in arrivo, e per di più, mediante un *potenziometro*, si inserisce altresì una corrente continua regolabile fornita da una batteria, la quale corrente ha per iscopo di ottenere un potere raddrizzante spinto al più alto limite. A seconda dei vari tipi di audions, per la loro accensione occorrono d'ordinario dai 4 ai 10 volts e da 1 a 3 ampères, mentre il valore

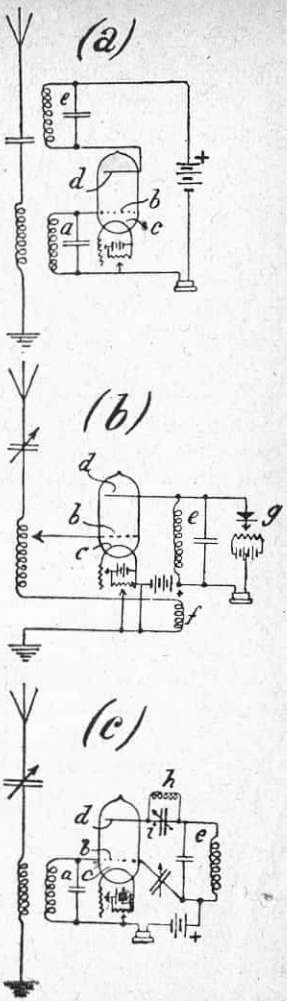


Fig. 120.

della tensione che chiameremo « ausiliaria » è pressochè identico a quello della tensione *anodica* (anodo-griglia) e può variare dai 30 ai 300 volts.

Un tipo moderno di audion è quello del Round, specialmente usato in radiotelefonia, il quale più che altro differisce dagli altri per la forma del vetro e per i minuti ed accurati dettagli della costruzione (vedi brevetto inglese N. 284113 del 1913). La fig. 120 indica alcuni fra i differenti modi d'inserire la valvola del Round in un circuito oscillante di ricezione.

Lo schema segnato con *a* mostra un oscillatore accoppiato all'aereo e connesso alla griglia *b* e al filamento *c* della valvola, mentre il terzo elettrodo *d* (cilindretto) è collegato al filamento attraverso una batteria di accumulatori e la cuffia telefonica. In *e* è schematizzato il secondo circuito oscillante accordato per una frequenza un po' diversa da quella dell'altro circuito. Variando l'accoppiamento tra i due circuiti, si può mettere l'oscillatore nelle migliori condizioni per sintonizzarsi con quello della stazione emittente.

Lo schema segnato (*b*) mostra una disposizione pressochè identica a quella precedente, con la differenza che filamento e griglia sono direttamente collegati all'aereo, mentre l'induttanza del circuito viene influenzata da una bobina *f* disposta nel circuito dell'aereo. Finalmente nello schema (*c*) è rappresentata una terza disposizione nella quale un'impendenza *h*, derivata da una capacità variabile *i* è messa in serie con il cilindretto, ed in questo caso non è più necessario l'accoppiamento magnetico tra i due circuiti *a* ed *e*; *j* è una capacità connessa alla

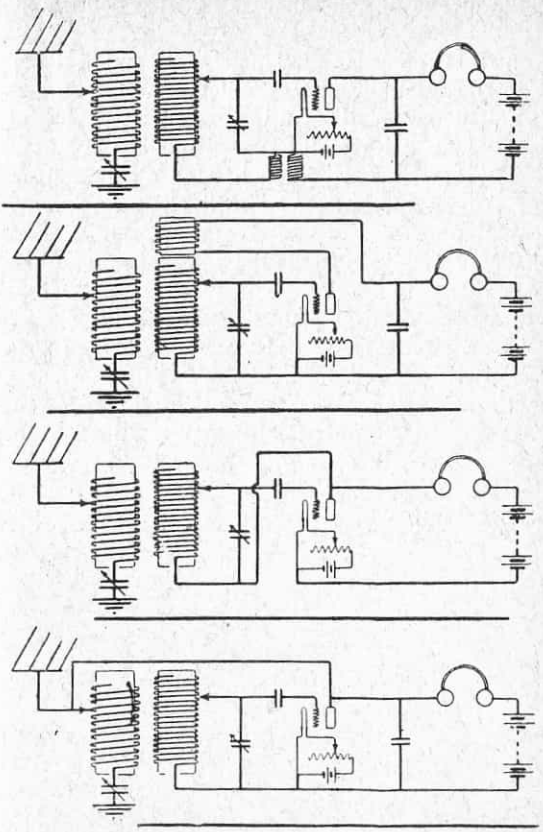


Fig. 121.

griglia al fine di neutralizzare l'effetto della capacità *i* tra *d* e *b*.

La fig. 121 mostra altri quattro sistemi di ricevitori radiotelegrafici o radiotelefonici serviti da *audions*. Nè quelli da noi illustrati sono gli unici schemi di disposizione dei ricevitori serviti dai tubi a vuoto. Essi vengono inseriti in moltissimi altri modi, a seconda degli speciali effetti utili che se ne vogliono ricavare.

Giova dire che la teoria degli *audions* non è ancora completamente fondata e il funzionamento teorico dei vari tipi di accoppiamento riposa su nozioni teoretiche in parte ancora ignote e dubbie, in parte difficili a spiegarsi in un'operetta di carattere elementare come la nostra. Rimandiamo chi abbisognasse di riferimenti più approfonditi agli studi del Vallauri e di altri, sugli *audions*, pubblicati nel 1917 dalla rivista l'*Elettrotecnica* ed alla abbondante documentazione pubblicata in argomento.

CAPITOLO VII

COMPLESSI RADIOTELEFONICI E RELATIVE ESPERIENZE.

37. Crediamo che il primo a pensare alla possibilità di una comunicazione radiotelefonica realizzata mediante le oscillazioni elettromagnetiche sia stato Rodolfo Lonardi nel 1897 e cioè poco tempo dopo i primi successi della radiotelegrafia di Guglielmo Marconi. Almeno, egli fu il primo ad organizzare delle effettive esperienze, sebbene senza risultati; prima di lui, però, una disposizione analoga alla sua era stata brevettata in Inghilterra da Brown e Neilson (« Improvements in means of telegraphing or telephoning without wires », Brev. ingl. N. 28955, 17 dicembre 1906).

Lonardi adottò come generatore di onde un oscillatore del Righi a tre sfere immerse nell'olio, incluso nel circuito antenna-terra analogamente alla prima disposizione Marconi. E basandosi sul principio che l'intensità delle onde irradiate da tale complesso varia col variare della lunghezza della scintilla, riunì la piccola sfera centrale dello spinterometro ad un sistema di leve in modo che la sfera stessa potesse sincronicamente vibrare sotto gl'impulsi meccanici

delle vibrazioni sonore della voce parlata. Così riuscì ad ottenere successivi allungamenti ed accorciamenti della doppia scintilla tali da modulare sufficientemente l'intensità delle onde pur mantenendo invariata la tensione agli estremi della bobina trasformatrice.

Come ricevitore, il Lonardi usò il *coherer*, ma la sua evidente scarsa sensibilità e grandissima inerzia gli rese impossibile la ricezione. Allora l'inventore ricorse ad un altro ricevitore a selenio montato in modo speciale, ma anche con questo il risultato fu nullo.

Un altro dei primi inventori naturalmente poco fortunati fu lo Szczepanik (brevetto tedesco N. 138226, maggio 1901), il quale utilizzò una scintilla di lunghezza costante montata in serie o in parallelo con un tubo a scarica elettroluminosa, simile a quello usato da Zickler. Il catodo di questo tubo è rischiarato da un fascio luminoso riflesso da una membrana formante specchio e fatta vibrare sotto gl'impulsi acustici della parola: la resistenza del tubo a scarica — e conseguentemente l'intensità della corrente di alimentazione dell'oscillatore a scintilla — variano con le variazioni dell'illuminazione; varia del pari la lunghezza della scintilla e quindi anche l'intensità delle onde irradiate.

Non sappiamo quale dispositivo usasse lo Szczeponik per la ricezione, ma è certo che i suoi risultati furono altrettanto negativi quanto quelli del Lonardi.

Un terzo studioso che ugualmente adottò l'oscillatore Righi-Marconi per la produzione delle onde è il Fessenden (brevetti americani N. 706747 e

N. 753863, entrambi del 28 settembre 1900), il quale però, anzichè variare la *intensità* delle oscillazioni irradiate pensò, invece, di variarne la *frequenza*. All'uopo egli montò due diversi complessi. Nel primo egli derivò dallo spinterometro un circuito contenente un condensatore ad aria e due armature. Una delle

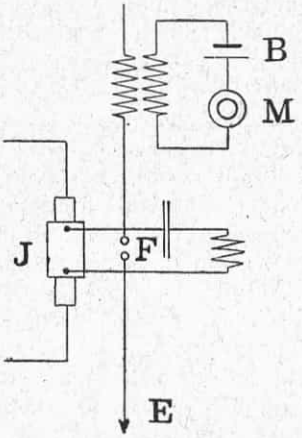


Fig. 122.

armature era fissa; l'altra meccanicamente collegata colla lamina vibrante di un megafono in modo da rendere variabile la capacità del condensatore sotto le variazioni della voce. Così la frequenza delle scariche era influenzata e così si modulavano le radiazioni.

Il secondo dispositivo Fessenden è quello mostrato dalla fig. 122. *I* è il solito rocchetto ed *F* lo spintero-

metro a spire collegato da un lato direttamente con la terra *E*. Dall'altro lato invece lo spinterometro è unito all'aereo attraverso il primario di un trasformatore, il cui secondario è in circuito con una pila *B* e un microfono *M*. Il trasformatore è ad anello e contiene un fascio di fili di ferro. Parlando davanti al microfono s'influisce sulla selfinduzione dell'aereo e quindi sulla frequenza delle scariche delle onde irradiate. Nessun dubbio che con questi sistemi non si riesca realmente ad ottenere una trasmissione radiotelefonica. Essa però finchè rimane attivata con oscillatore a scintilla cade nel gravissimo inconveniente da noi dettagliatamente esposto nel par. 12: quello cioè degli *intervalli di silenzio* dovuti al rapido smorzamento delle oscillazioni di questo tipo. Questa è la ragione per cui neanche al Fessenden riuscì di ottenere buoni risultati per quanto alla data delle sue esperienze l'invenzione del *detector* magnetico cominciasse a permettere una certa possibilità di buona ricezione.

Ond'è che nel prosieguo dei suoi esperimenti Fessenden ricorse ad uno spinterometro rotante, alimentato da corrente continua a 5000 volts e capace di rendere 20.000 scintille alla velocità di 500 giri al secondo. In queste condizioni la trasmissione della parola potè effettuarsi, ma il rumore accessorio occasionato dalla scintilla a frequenza rientrante nella gamma dei suoni udibili era addirittura insopportabile.

38. Chi per il primo indicò, con calcoli precisi, la necessità di elevare le frequenze a cifre superiori a quelle dei suoni udibili è stato il Blondel, che fu anche il primo a costrurre un complesso radiotelefonico ba-

sato su questo principio (vedi Brevetto inglese N. 15527 dell'11 luglio 1902). Nella disposizione del Blondel, il circuito d'alimentazione del sistema oscillante (od anche questo medesimo) è interrotto da uno spinterometro collegato ad una fiamma manometrica. Il dispositivo di scarica, rappresentato dalla fig. 123 è montato in guisa che allorquando la fiamma brucia normalmente, la tensione della sorgente di carica

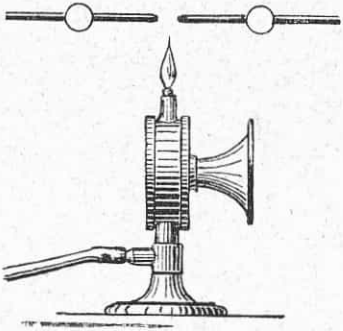


Fig. 123.

del condensatore (corrente alternata ad alta tensione) non sia sufficiente per rendere esplosiva la distanza tra le due punte, ma non appena si parla davanti alla membrana della capsula manometrica la fiamma vibra e abbassa la resistenza dello spinterometro in concordanza col ritmo della voce; il condensatore si carica, l'oscillatore funziona ed ha luogo l'irradiazione delle onde. In relazione all'andamento oscillatorio della resistenza, l'intensità e la frequenza delle onde variano

perciò col variare delle vibrazioni acustiche fatte giungere alla membrana della capsula.

Al posto ricevitore il Blondel adoperava come cimoscopio un contatto microfonico od un detector magnetico. Egli brevettò anche (brevetto americano N. 706747 del 28 settembre 1901) un semplice dispositivo ricettore, costituito da una sottile membrana affacciata ad un solenoide di piccol numero di spire e montato in serie sul circuito antenna-terra. La membrana viene azionata elettromagneticamente per effetto delle correnti di Foucoult che si producono.

Non consta però che le esperienze condotte da Blondel con detti mezzi nel quadriennio 900-904 sboccassero a risultati pratici.

39. Nel 1905 Eisenstein organizzò e brevettò (vedi brev. tedesco N. 175435 del 9 luglio 1905) un suo complesso radiotelefonico basato principalmente sull'uso di correnti alternate *polifasi*. In questo complesso i gruppi di scariche durante ciascuna delle fasi possono essere limitati, mercè un'apposita disposizione della scintilla, in modo tale, che i gruppi di fasi successive si seguano immediatamente senz'alcun intervallo ed anche, in parte, si sovrappongano; si ottiene così un trasmettitore eccitato in modo costante. La fig. 124 rappresenta lo schema di un montaggio « triplet » in cui *I* sono tre rocchetti d'induzione e *F* gli spinterometri. Le tre bobine sono montate *in derivazione* sul circuito d'alimentazione, contenente un microfono. I tre circuiti oscillanti posseggono una selfinduzione comune, smontata come indica la fig. 125, che mostra la realizzazione tecnica del trasmettitore di Eisenstein. I tre spinterometri

sono soffiati da tre ventilatori; il condensatore è costituito da una batteria di *tubi di Leyda*. In luogo del montaggio *a stella* dei tre primari, si può anche usare

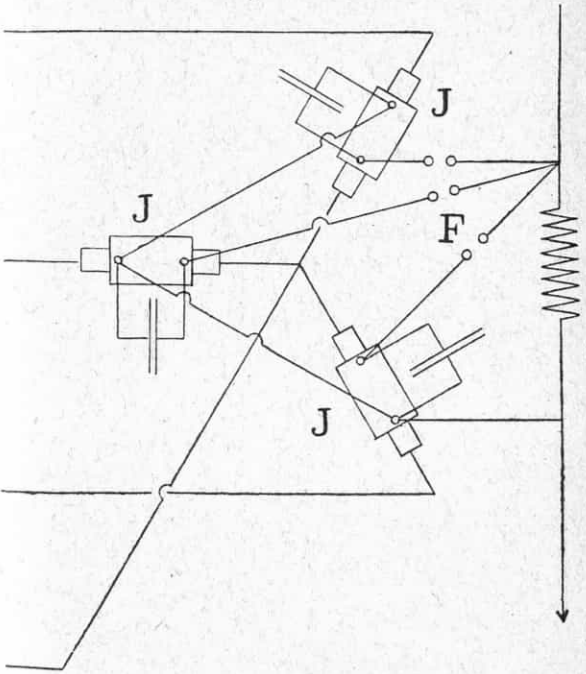


Fig. 124.

il montaggio *a triangolo;* in questo caso i poli dell'oscillatore triplo sono collegati, a coppia, al primario di un trasformatore; una conveniente capacità tro-

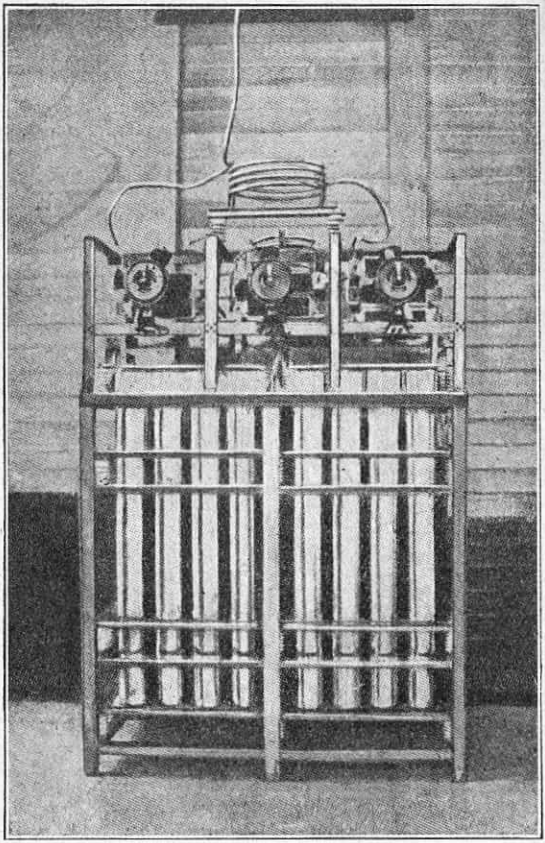


Fig. 125.

vasi disposta in ciascuna di queste connessioni mentre che gli avvolgimenti secondari di tutti i trasformatori sono montati in serie fra essi e con l'aereo-terra. Ciascuno dei tre circuiti oscillanti comprende i due poli dell'oscillatore, un condensatore ed un avvolgimento primario del trasformatore. Il funzionamento dell'oscillatore dev'essere regolare per tutti i poli, in modo da ottenere la stessa intensità e la stessa frequenza in ciascuno dei circuiti oscillanti affinchè la successione della scariche tra due dei poli dell'oscillatore corrisponda alla successione delle fasi della corrente trifase.

Le esperienze condotte da Eisenstein con questo suo apparecchio (impiego dei mezzi soliti alla ricezione) mostrarono che per quanto non vi sia in questo sistema alcun grande intervallo fra i gruppi isolati di scariche e malgrado la relativa costanza dell'eccitazione del trasmettitore, l'incostanza delle distanze delle scariche parziali successive sussiste tuttavia e ciò è, naturalmente, nocivo.

40. Le prime esperienze di radiotelefonia organizzate a mezzo di oscillatori ad arco risalgono al 1906 e sono dovute al Ruhmer. Ecco come l'autore ne riferisce: « Come eccitatore d'onde ci si servì al trasmettitore di un arco cantante posto in un'atmosfera d'idrogeno, senza soffio magnetico, alimentato da una corrente continua a 220 volts. Il circuito oscillante era costituito da una capacità di circa 0,02 microfarad, composto di 7 bottiglie di Leyda, d'una bobina di self-induzione regolabile e dell'avvolgimento primario di un trasformatore di Tesla. Con un accordo vigoroso si poteva ottenere tra i poli secondari del trasforma-

tore Tesla un arco a fiamma ad alta tensione di parecchi centimetri di lunghezza, bruciante tranquillamente. Se si esamina quest'arco allo specchio girante, esso sembra regolare come un arco a corrente continua perchè il numero di alternanze per secondo (circa 30.000) è troppo elevato per poterle scomporre nelle alternanze separate. Invece, un oscillografo a tubo luminescente collegato al secondario del trasformatore mostra una superficie fortemente e regolarmente luminescente e limitata da due rette parallele alla linea neutra ed equidistanti da quest'ultima. L'oscillografo a tubo permette pure di riconoscere nettamente, seguendo la grandezza della luminescenza, l'influenza della distanze degli elettrodi dell'eccitatore di onde e dell'intensità della corrente d'alimentazione sull'intensità delle oscillazioni elettriche non smorzate, prodotte. Quest'ultimo rimarco condusse a far l'esperienza d'influenzare l'eccitatore d'onde per mezzo dell'arco cantante e l'esperimento riuscì perfettamente ».

Su queste basi il Ruhmer organizzò la trasmissione e la ricezione nel modo indicato dalle fig. 126 e 127, nella quale ultima *S* è un elettrolitico e *T* il telefono ricevitore.

Queste esperienze vennero continuate a Berlino, tra due abitazioni distanti 500 metri. La tensione di regime dell'arco era 440 volts; si impiegava come capacità del circuito oscillante un condensatore a paraffina per alta tensione di 0,031 microfarad, il quale si comportò benissimo malgrado le correnti intense che lo percorrevano. La lunghezza delle antenne al di sopra del tetto era di circa 20 metri. La trasmissione della parola riuscì perfettamente.

Nel 1907 il De Forest fece altre esperienze, col metodo degli archi, sul lago Erid, in occasione d'una regata di velieri. I velieri erano accompagnati dall'yacht *Thelma*, munito di radiotelefono, e una sta-

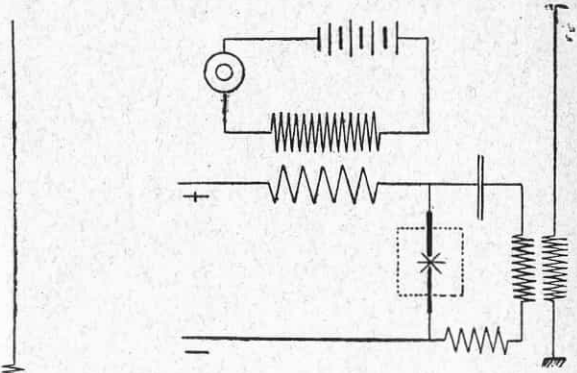


Fig. 126.

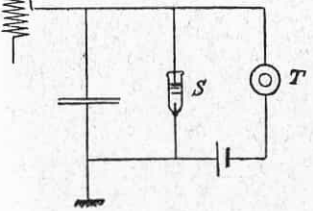


Fig. 127.

zione terrestre era installata sulla riva a Foca-Doca presso Put-in-Bay. La *Thelma* seguì il corso delle regate e trasmise le sue informazioni a Put-in-Bay, alla distanza media di 6 km. e mezzo.

La fig. 128 mostra l'installazione degli apparecchi a bordo dell'yacht. Un arco cantante, alimentato

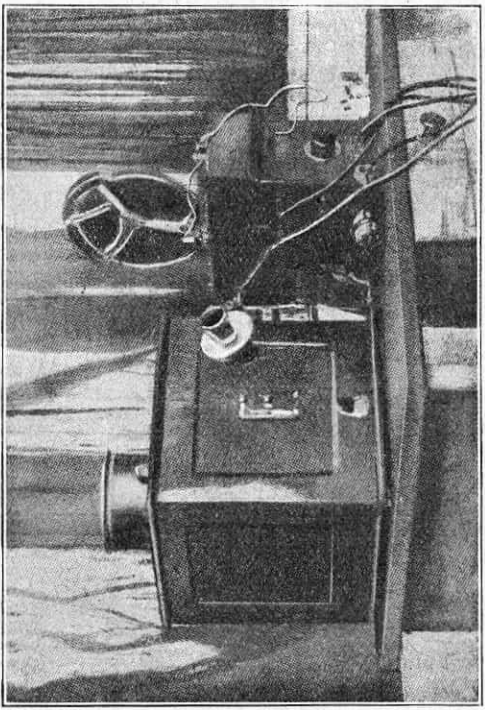


Fig. 128.

da una corrente continua sotto 220 volts e disposto in una fiamma d'alcool serviva da eccitatore d'onde. Il microfono era connesso in serie con l'antenna vi-

cino alla presa di terra. L'aereo traversava il tetto della cabina del timoniere, era attaccato a una piccola verga fissata all'estremità dell'albero di trinchetto, poi ad un'altra verga più corta fissata al grande albero. La presa di terra consisteva in due placche di zinco fissate sulla prua del battello. Il ricevitore impiegato era del tipo a valvola. I risultati furono costantemente buoni.

Nel 1909 Poulsen organizzò molte prove a mezzo dei suoi archi speciali. Egli riuscì ad ottenere ottime comunicazioni fra Esbjerg e Lyngby a circa 270 km. di distanza con un'energia primaria di 900 volts e una energia radiata di 300 watts. In queste prove Poulsen impiegò una disposizione particolare del suo arco: la cosidetta *lampada-telefono* dell'*Amalgamated Radio-Telegraph Company*. Questa lampada è caratterizzata dall'impiego del campo magnetico, il cui asse coincide con l'asse dell'arco in modo da ottenere una lenta rotazione dell'arco stesso.

L'altezza dell'antenna era di 60 metri all'incirca, la lunghezza d'onda efficace da 1100 a 1200 metri. Poulsen montava il microfono in serie con l'antenna ma impiegava 6 od 8 microfoni riuniti in serie ed influenzati da un padiglione comune. Una pila termoelettrica serviva da ricevitore. La Società di Telegrafia senza fili intraprese nello stesso periodo di tempo delle esperienze con l'impiego di eccitatore ad archi multipli. La corrente oscillatoria nell'antenna era prodotta a mezzo di un microfono montato in parallelo con gli avvolgimenti dell'accoppiamento dell'aereo. Un detector elettrolitico serviva da ricettatore.

Le prove furono condotte tra il laboratorio della

Società a Berlino e la stazione di Vauen ad una distanza di circa 10 chilometri, con buoni risultati.

41. Una serie di esperienze bene organizzate e controllate, di radiotelefonia, fu quella che iniziò nel 1906 il prof. Majorana.

« Una prima stazione di esperimento — riferisce lo stesso Maiorana — è stata costruita nell'Istituto Superiore dei Telegrafi in Roma; l'antenna è alta 24 metri ed è quadrifilare. Da circa due anni ho eseguito esperimenti preliminari alla distanza di 5 chilometri tra questa stazione e quella di Monte Mario, appartenente al Ministero della Marina, la cui antenna pure quadrifilare è alta circa 50 metri. Un amperometro sull'antenna della prima stazione indica, in condizioni normali di trasmissioni un'intensità di circa ampère 1, 2. A Monte Mario si può ricevere con la pinza termoelettrica una intensità di corrente di circa 15 microampère. Le parole pronunciate all'Istituto Superiore possono essere ricevute anche col detector Marconi; ed esse si sentono assai fortemente servendosi invece della pinza termoelettrica o dell'Audion ».

I dispositivi di cui si avvalse il Maiorana furono quelli rappresentati dalle figure 129 e 130. Nella prima il generatore delle onde è una scintilla che scocca tra un elettrodo fisso e un getto di mercurio; nella seconda il generatore è lo spinterometro rotante già descritto al par. 20 mentre la modulazione avviene mediante il microfono idraulico.

Con questi vari dispositivi il Maiorana ottenne dei risultati iniziali assai incoraggianti e fu appunto in base ad essi che una seconda serie di esperienze

potè, nel 1908, essere iniziata. Ecco come ne riferisce lo stesso Maiorana:

«In vista di quei risultati è stata costruita al Ministero della Marina una seconda stazione di esperimento a Porto D'Anzio alla distanza di circa 56 km.

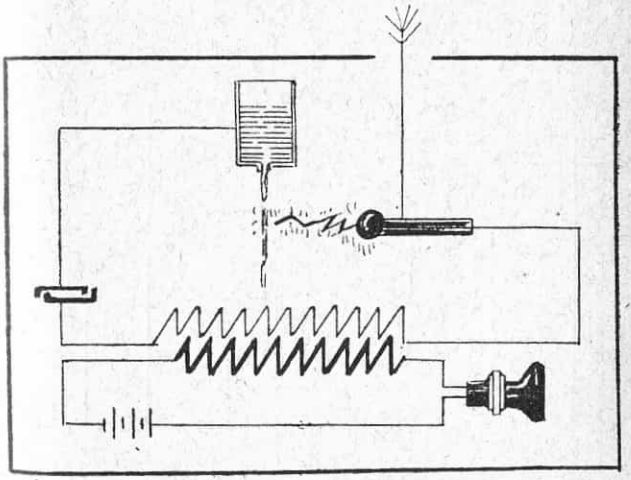


Fig. 129.

da Monte Mario con un'antenna quadrifilare di m. 45. Il giorno 14 agosto 1908 fu esperimentata questa stazione, e fu constatato che, con circa ampère 3,5 all'antenna di Monte Mario, potevansi udire in Anzio nettamente le parole pronunciate a Roma.

Il Ministero della Marina ha allora disposto la esecuzione di esperimenti su più larga scala; il cac-

ciatorpediniere *Lanciere* fu messo a mia disposizione e il giorno 13 novembre quella nave approdava all'isola di Ponza, alla distanza di circa 120 km. da Monte Mario. In quell'isola esiste una stazione radiotelegrafica della Marina con un'antenna quadrifilare

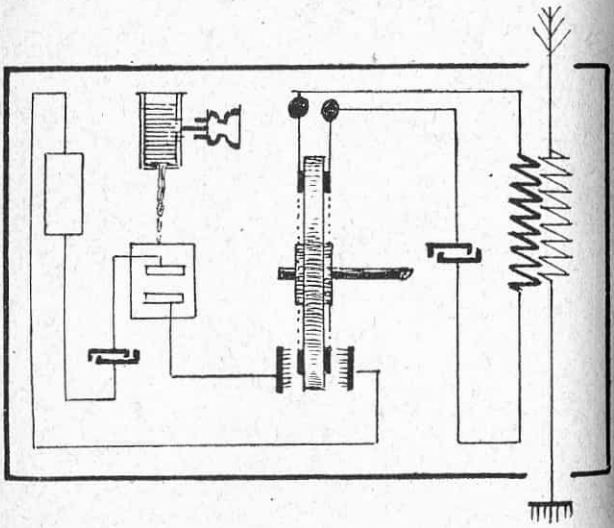


Fig. 130.

di circa 60 metri; impiantati colà gli apparecchi riceventi, si poterono udire con intensità superiore che a Porto d'Anzio i suoni prodotti e le parole pronunciate a Roma; le vibrazioni della lamina telefonica erano udibili sino a tre o quattro metri di distanza. Il migliore risultato ottenuto a Ponza dipende

probabilmente, oltre che dalla maggiore altezza della locale antenna, dalla migliore ubicazione di quella stazione.

L'indomani 14 novembre il *Lanciere* approdava a Maddalena in Sardegna. In vicinanza di quel Porto, sull'isola di Caprera, in località Becco di Vela, esiste un'altra stazione della Marina simile a quella di Ponza. La distanza di essa da Roma è in linea retta di 270 km. Alle ore 12 di quel giorno furono ripetute le esperienze di ricevimento da Roma ottenendo anche allora buoni risultati. La voce proveniente da Monte Mario era nettamente percepibile e la sua intensità non era inferiore a quella di un'ordinaria comunicazione telefonica urbana. È quindi da ritenersi che a quella distanza si possa effettivamente impiantare un servizio radiotelefonico veramente utile per la pratica.

Volendo infine stabilire la portata massima del sistema radiotelefonico descritto, il giorno 1° dicembre il *Lanciere* approdava a Trapani, in Sicilia, per eseguire altri esperimenti nella stazione radiotelegrafica posta sul Monte S. Giuliano. Tale stazione è simile a quella di Ponza e di Becco di Vela e dista da Roma per circa 420 km., in linea retta. Si stentò alquanto a trovare l'accordo in queste condizioni, anche perchè molte stazioni radiotelegrafiche vicine (tra cui quelle francesi sulla costa africana) disturbavano gli esperimenti; ma infine potè essere udita e compresa nettamente, quantunque debolmente, la parola partente da Roma. L'intensità di ricevimento era però questa volta appena sufficiente perchè un orecchio esercitato potesse comprendere. Si era dunque al limite della portata delle segnalazioni radiotelefoniche inviate

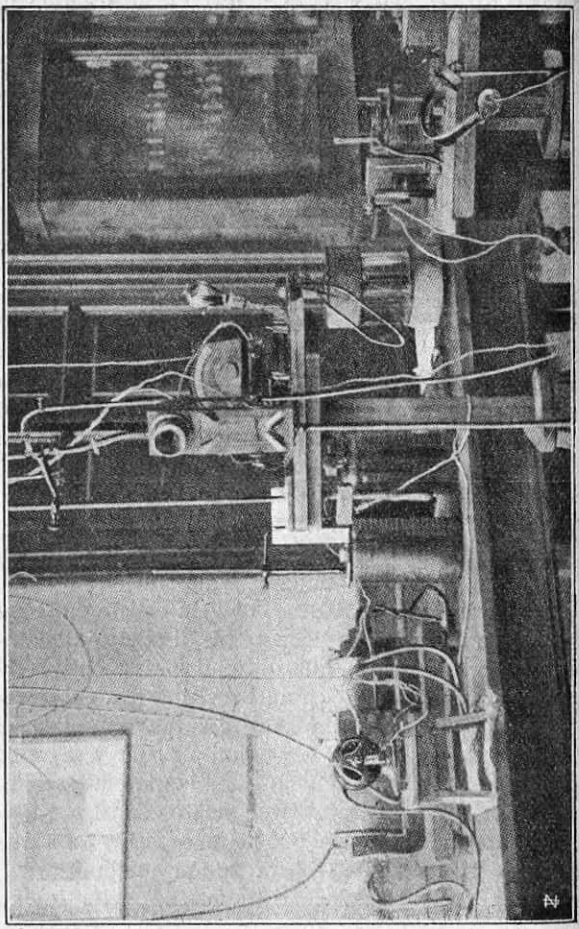


Fig. 131.

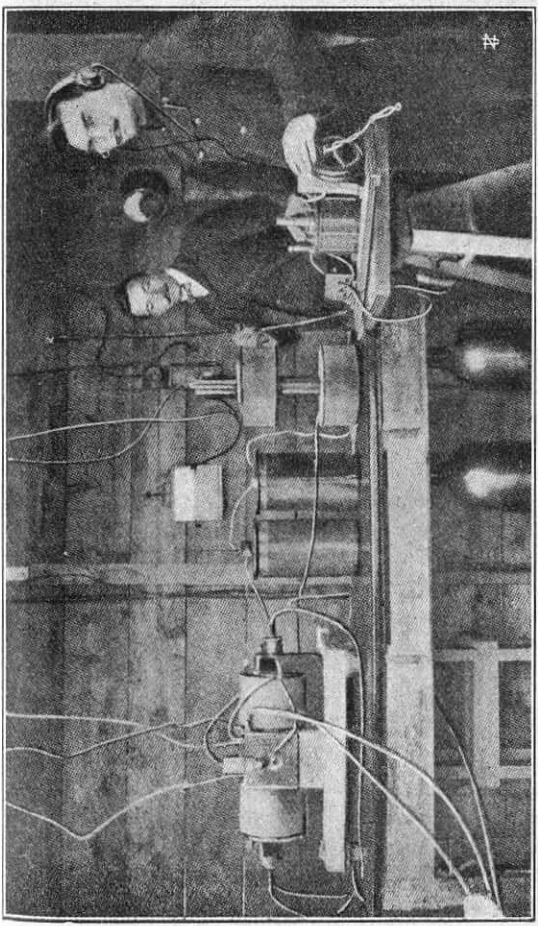


Fig. 132.

da Roma; e di ciò mi potei convincere maggiormente l'indomani 2 dicembre, nel qual giorno recatomi all'altra stazione siciliana di Forte Spuria, presso Messina, mi resi conto che le segnalazioni da Roma non potevano essere comprese. La stazione di Forte Spuria è poco più distante da Roma che la stazione di Monte S. Giuliano; ma si trova in condizioni più sfavorevoli, essendo circondata dai monti della Sicilia e della Calabria.

Con le descritte esperienze non rimane fissata assolutamente la portata massima delle segnalazioni radiotelefoniche che si possono ottenere col mio sistema; giacchè coll'uso del microfono idraulico il limite delle attuali esperienze può essere di molto accresciuto, nulla vietando di aumentare notevolmente l'energia in partenza e le dimensioni delle antenne.

Un fatto importante mi piace segnalare prima di finire. In tutte le esperienze eseguite potè essere accertato che la parola articolata arriva anche alla distanza di più di 400 km. con il suo timbro perfettamente inalterato; ciò dimostra che tutti i periodi acustici in essa compresi sono trasmessi, per mezzo delle onde elettromagnetiche, con attenuazione costante. E che cioè, nelle trasmissioni radiotelefoniche, a differenza di quanto avviene nella telefonia con fili o con cavi, non ha luogo il noto fenomeno della distorsione acustica della parola. La spiegazione di tale fatto è ovvia; giacchè in telefonia ordinaria il fenomeno della propagazione è intimamente legato al periodo acustico, mentre in radiotelefonia il periodo che ha maggior importanza è quello elettromagnetico delle onde a alta frequenza ».

CAPITOLO VIII

I « PLIOTRON » NEI DISPOSITIVI MODERNI DI RADIOTELEFONIA.

42. Abbiamo parlato nel par. 36 delle valvole Fleeming e degli *audions* De Forest usati come rivelatori delle onde nella ricezione radiotelefonica. Tratteremo qui degli *audions* usati come *magnificatori* od amplificatori di corrente, quali furono introdotti nella moderna tecnica hertziana e daremo quindi qualche notizia più recente intorno agli *audions* impiegati come *generatori* di oscillazioni.

La figura 133 rappresenta tre antiche valvole di Fleeming cimeli storici delle sue antiche esperienze; la fig. 134 rappresenta un moderno *audion*.

Come abbiamo già detto, l'audion De Forest differisce dalla valvola Fleeming in quanto esso presenta due elettrodi positivi: uno in forma di griglia (nichel) ed uno in forma di placca. Trattasi in sostanza di una valvola a doppio anodo o *bianodica*, che nei dispositivi di magnificazione viene inserita come mostra la fig. 135. Come vedesi, questa disposizione conta due circuiti distinti: uno inserito nell'oscillatore di ricezione (corrente da amplificare) attraverso

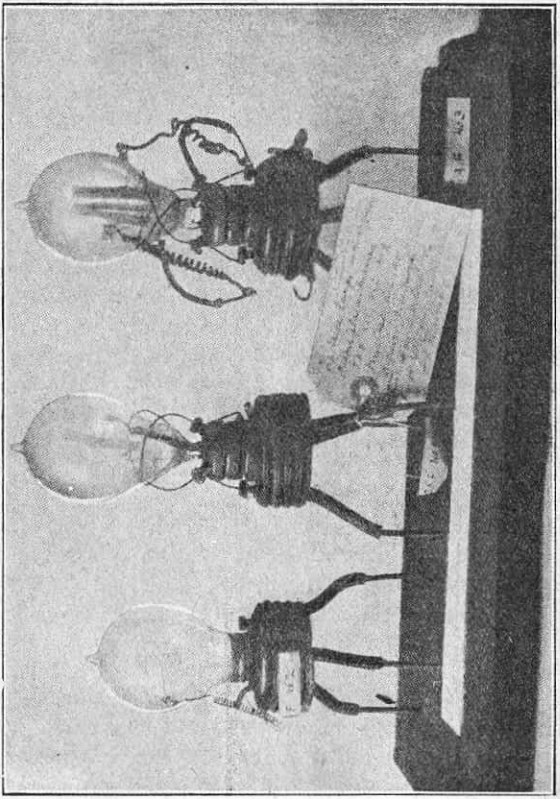


Fig. 133.

la griglia, il vuoto anodico, il filamento e una batteria d'accumulatori servita da potenziometro. Questo circuito è detto *circuito di griglia* ed è rappresentato nella figura da linee punteggiate. Il secondo, chiamato *circuito di placca*, comprende il telefono rice-

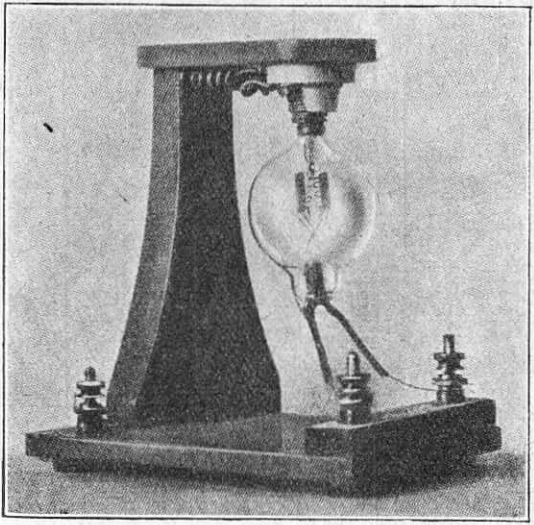


Fig. 134.

vitore (corrente amplificata) attraverso la placca, il vuoto ionizzato, il filamento e una batteria di 25 a 120 accumulatori servita da *inseritore* che permette d'inserire un numero variabile di elementi. Il filamento incandescente è, al solito, alimentato da una sua piccola batteria separata.

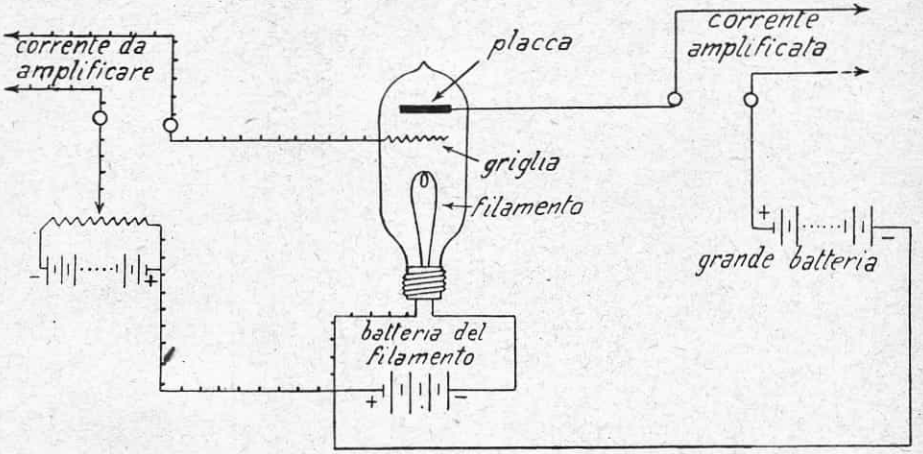

corrente da amplificare
placca
corrente amplificata
griglia
filamento
grande batteria
batteria del filamento

Fig. 135.

Mediante il potenziometro si carica la griglia ad un debole potenziale negativo in modo tale da contrastare ed annullare la corrente-placca filamento. Ciò si ottiene combinando questa regolazione con l'inserzione di un numero appropriato di elementi della grande batteria. In queste condizioni l'audion è in *equilibrio instabile* e il telefono tace. Basterà la più piccola corrente applicata al *circuito di griglia* per turbare lo stato di equilibrio.

Questa corrente, sotto forma di oscillazione è appunto quella che giunge dall'oscillatore di ricezione (corrente da amplificare). Le semionde negative in arrivo alla griglia ne diminuiscono ancora il potenziale negativo.

Il flusso elettronico negativo del filamento viene quindi a trovarsi di fronte un aumento di cariche omonime sulla griglia e il contrasto delle cariche elettriche di pari nome nel vuoto anodico determina una minore ionizzazione del vuoto stesso e conseguentemente una minore, e quasi nulla, facilità di passaggio della corrente, in senso inverso, dalla placca al filamento. Le semionde positive invece caricano la griglia positivamente. Essa, quindi, per l'effetto attrattivo della contraria polarità delle cariche, *attiva* il pulviscolo elettronico negativo del filamento inviandolo in maggior copia verso la placca. Così il vuoto anodico è ben ionizzato e la corrente placca-filamento può facilmente passare e passare in quantità assai maggiore della quantità di elettricità occorsa a determinare la rottura dell'equilibrio instabile dell'audion.

Il processo di amplificazione è, d'ordinario, in rap-

porto da uno a cinque. Soltanto una parte di elettroni viene assorbita dalla griglia mentre dura il passaggio del flusso filamento-placca, e dà luogo ad una corrente filamento-griglia; ma questo fenomeno, in pratica, non turba il funzionamento magnificatore dell'audion perchè la maggior parte del flusso attraversa gl'interspazi della griglia e raggiunge la placca.

Un altro dispositivo di amplificazione è quello rappresentato dalla fig. 136. In questa disposizione è

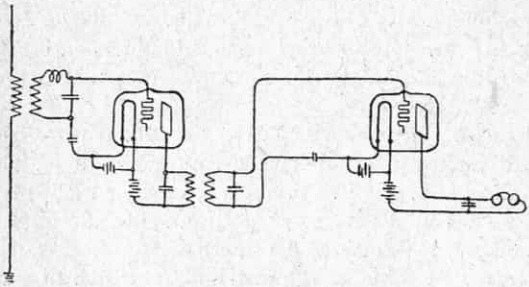


Fig. 136.

l'alta frequenza in arrivo che viene magnificata e non la frequenza propria dell'audion. Ciò permette al circuito rivelatore di poter essere sintonizzato alla stessa frequenza del circuito del magnificatore col vantaggio di un accrescimento marcatissimo del potere selettivo di tutto il sistema. Il signor Alexanderson ha dimostrato che la curva di risonanza di un dispositivo come quello della fig. 136, in cui il doppio circuito è sintonizzato colla frequenza in arrivo, è uguale alla curva di risonanza del solo rive-

latore elevata a quadrato nelle sue ordinate. Per esempio, se con un semplice rivelatore i segnali di una stazione *A* sono ricevuti con intensità di suono uguale a 10 e quelli di una stazione *B* sono ricevuti con una intensità 20, colla disposizione della fig. 136 invece, i segnali di *B* saranno ricevuti con intensità 20^2.

Gli audions usati come magnificatori sono detti *pliotron* (traduzione letterale: *che rende di più*) e vengono costruiti in forme speciali. Si è generalmente riconosciuto che, in essi, i fili componenti la griglia debbono essere della più piccola sezione possibile, in modo che se anche un potenziale positivo è applicato alla griglia stessa, la corrente che l'attraversa sia sempre la più piccola possibile. Nei tipi moderni dei *pliotron* la griglia è costituita da un filo di tungsteno del diametro di 0.01 mm., avvolto sopra un quadro di tubo di vetro. Nell'interno del quadro è disposto il filamento incandescente. Nella fig. 137 *F* è il quadro di vetro, *C* il filamento incandescente e *G* il filo di griglia, avvolto con circa 100 giri per ogni centimetro di griglia; *A* è l'anodo (placca) costituito da un grosso filamento metallico avvolto su due altre armature di vetro, a forma di diapason. Le caratteristiche del piotron dipendono dagli elementi seguenti: lunghezza del filamento; distanza tra filamento e griglia; intervallo tra le spire della griglia; diametro del filo di griglia; distanza fra griglia e anodo; forma e sezione dell'anodo. Gli elementi importanti di dette caratteristiche sono: 1° il rapporto tra la corrente circolante fra l'anodo e il catodo in funzione del potenziale dell'anodo e quello della griglia; 2° la corrente circolante verso la griglia in

funzione dei potenziali della griglia e dell'anodo. La fig. 138 rende le caratteristiche di un piccolo pliotron come quello della fig. 137. La curva *A* indica la corrente anodica per i diversi valori del potenziale della griglia, mentre il potenziale dell'anodo è mantenuto costante a 200 volts; la curva *G* indica la corrente della griglia sotto le medesime condizioni. Per i di-

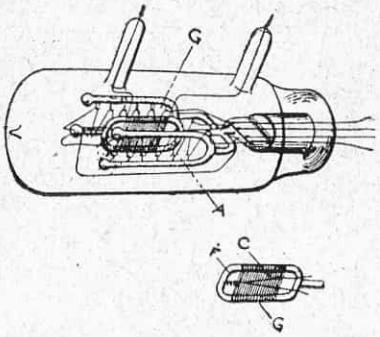


Fig. 137.

versi valori del potenziale dell'anodo queste curve sono modificate verticalmente, proporzionalmente alla variazione del potenziale dell'anodo.

Usando una griglia sottile e spessa, la corrente anodica può essere completamente intercettata anche se il potenziale negativo della griglia sia estremamente piccolo, mentre un potenziale positivo piuttosto debole sarà in questo caso, sufficiente per ottenere una forte corrente anodica. La quantità di corrente

assorbita dalla griglia sarà soltanto una piccola frazione di quella anodica nel caso in cui il diametro dei fili della griglia sia piccolo in relazione alla loro distanza. D'altronde, con una griglia a larghi inter-

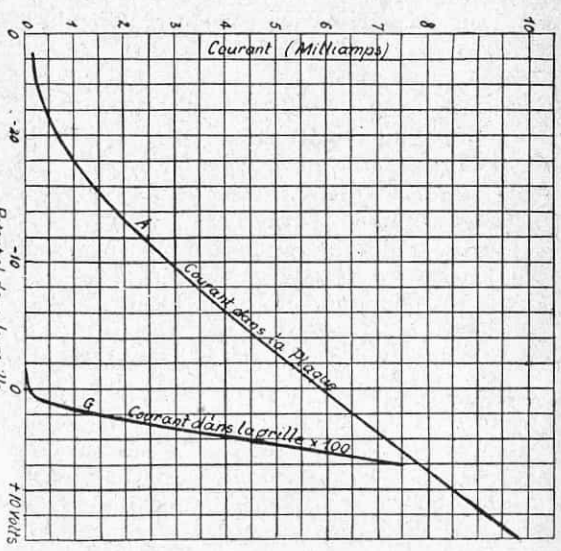


Fig. 138.

spazi, un potenziale negativo piuttosto elevato è reso necessario per interrompere la corrente anodica.

Adoperando una griglia a larghe maglie costituita da un filo sottile, si può ottenere un governo di corrente anodica, sempre impiegando sulla griglia un potenziale negativo per modo che non essendoci in

queste condizioni ioni positivi, nessuna corrente circola verso la griglia eccetto quella che è necessaria per caricarla elettrostaticamente al potenziale desiderato. È così possibile di controllare grandi quantità di corrente nel circuito dell'anodo per mezzo di quantità d'energia estremamente deboli nel circuito della griglia.

Non sembra vi siano limiti superiori per il voltaggio nei pliotron. Con voltaggi sopra i 30.000 è spesso necessario spaziare gli elettrodi e di impiegare dei fili più grossi per la griglia a fine di ridurre il pericolo di rottura di parti dell'apparecchio per le forze elettrostatiche elevate che vi si applicano.

43. La capacità di corrente del pliotron è limitata esclusivamente dalla sezione degli elettrodi e dal voltaggio disponibile. Cionondimeno non possono ottenersi correnti intense con bassi voltaggi. Con dei voltaggi superiori ai 500 si sono potute impiegare correnti fino a 400 milliampères. Con degli alti potenziali non havvi alcuna difficoltà ad impiegare delle correnti molto intense purchè l'energia venga consumata da apparecchi in serie col *pliotron*. D'altra parte, se l'intiero voltaggio è applicato all'anodo mentre che la corrente circola verso di esso, l'energia irradiata sotto forma di calore può essere sufficiente per volatizzare l'anodo o causare un tale irraggiamento calorifico da rammollire le parti di vetro. In un pliotron con un'ampolla di 12 cm., la quantità d'energia che può essere erogata è di circa 1 kw. Quantità maggiori possono venire erogate immergendo l'ampolla nell'olio e costruendo in quarzo l'ampolla stessa.

Infine, volendo controllare grande quantità di corrente, i pliotron possono essere disposti *in parallelo*.

La sensibilità di un pliotron può essere accresciuta immettendo nell'ampolla qualche traccia di speciali gas; per esempio dei vapori di amalgama d'argento.

Già accennammo, al par. 25, all'introduzione degli audions negli usi tecnici, come produttori d'oscillazioni. In radiotelefonia, a mezzo di grandi audions, si è riusciti finora a controllare sopra un aereo una energia di 2 kw., con il concorso di correnti ottenute da un ordinario trasmettitore telefonico.

Fino dal 1912, Maisner ha suggerita la possibilità dell'impiego di un tubo Lieben per la produzione di onde persistenti, lasciando reagire i due trasformatori l'uno sull'altro ed inserendo dei condensatori nei circuiti oscillanti a fine di assegnar loro un periodo naturale definito. Maisner riuscì, con questa disposizione, a generare 8 watts di corrente alternata ad alta frequenza, ma a causa della volatizzazione del filamento, i tubi non poterono resistere e funzionare più di 10 minuti.

Questo sistema di reciproca reazione fra i tubi presenta una spiccata analogia col noto sistema dell'accoppiamento telefono-microfono, disposti l'uno in faccia all'altro, e con i due circuiti reagenti fra loro. Il microfono funziona, in questo caso, da amplificatore e il telefono rende una nota continua musicale che può essere anche magnificata con un relais Brown. In seguito i tubi governatori sono stati perfezionati e messi in condizione di poter funzionare in batterie di elementi in parallelo controllando grande quantità d'energia.

Nel 1915 il signor Alexanderson, inventore di un alternatore ad alta frequenza assai pratico, propose di accoppiare debolmente il suo alternatore all'antenna e di unire un punto dell'antenna dove il potenziale è normalmente elevato all'anodo di un pliotron.

Così, durante tutto il tempo il cui potenziale della griglia resta fortemente negativo, nessuna cor-

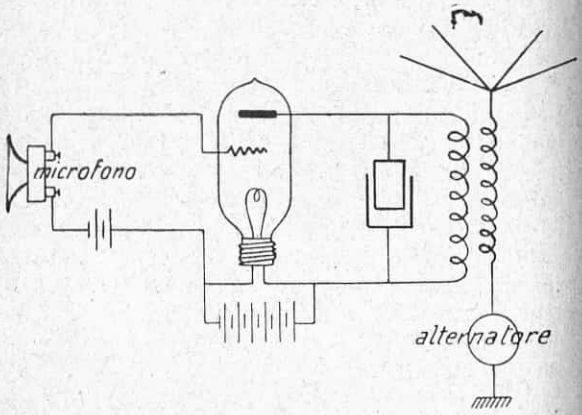


Fig. 139.

rente passa nel pliotron e tutta l'energia dell'alternatore è irradiata dall'antenna. Quando, invece, s'influisce sulla griglia, a meno della corrente di un microfono, una parte dell'energia dell'aereo riesce, attraverso l'accoppiamento, sottratta dal pliotron: ciò determina uno smorzamento delle oscillazioni regolato dal microfono, come indica lo schema della fig. 139.

A mezzo del pliotron è dunque possibile control-

lare l'erogazione della corrente dell'aereo col solo variare del potenziale negativo della griglia. Poichè quest'ultima è sempre negativa, nessuna corrente circola tra filamento e griglia: non occorre, dunque, in pratica, alcuna corrente per mantenere negativa la carica della griglia, mentre le correnti positive modulate dal microfono mettono il pliotron in grado di funzionare e di sottrarre all'aereo, pel tramite dell'accoppiamento, una parte dell'energia dell'alternatore.

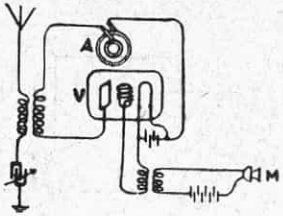


Fig. 140.

Come vedesi, questo mezzo moderno di « modulazione » delle alte frequenze radiotelefoniche è assolutamente diverso da tutti gli altri di cui abbiamo riferito al cap. IV, perchè in luogo di variare la frequenza delle oscillazioni irradiate o di sovrapporre le correnti microfoniche alle oscillazioni, come si usa in tutti gli altri sistemi, in questo, invece, le radiazioni dell'aereo vengono modulate col sottrarre loro, coordinatamente alle variazioni del microfono, una parte dell'energia.

Due disposizioni analoghe, nelle quali è in giuoco

la coppia alternatore-pliotron, sono dovute a Langnuier. Nella prima di esse, rappresentata dalla fig. 140 l'alternatore è inserito nel circuito anodo-*jigger*, il microfono agisce induttivamente sul circuito di griglia.

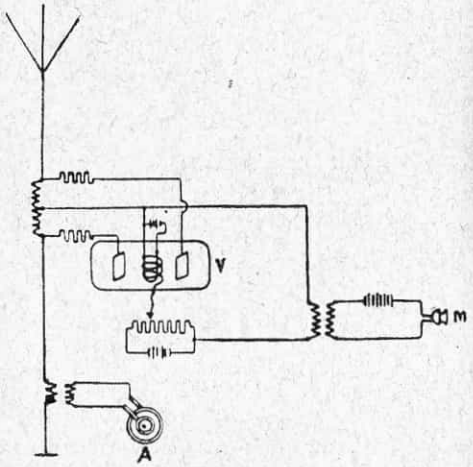


Fig. 141.

La seconda disposizione (v. fig. 141) tende ad eliminare l'inconveniente della prima nella quale il pliotron non può utilizzare che una sola delle alternanze della corrente. Il Langnuier ha pensato di adottare una valvola a due anodi, entrambi disposti in derivazione sull'aereo mentre sull'aereo stesso l'alternatore agisce mediante un accoppiamento in-

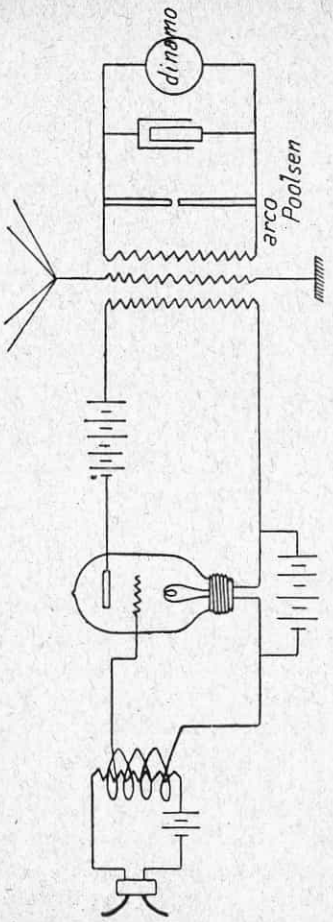


Fig. 142.

duttivo. Con questo ingegnoso espediente, ciascuno dei due circuiti anodici sottrae all'aereo una certa quantità d'energia, rispettivamente per ciascuna alternanza della corrente oscillante, ed è appunto su questa parte dell'energia sottratta che viene ad esercitarsi l'azione del microfono.

Ma il pliotron può essere usato in radiotelefonia con molte altre disposizioni, specie con quella della figura 142.

Un arco Poulsen genera le oscillazioni mandandole all'aereo per l'accoppiamento di un *jigger*. L'*jigger* è pure accoppiato col circuito di un *pliotron*, in modo che alle oscillazioni di frequenza costante generate dall'arco si sovrappongono quelle « modulate » dal microfono.

In luogo di impiegare l'arco Poulsen come sorgente di alta frequenza costante può ottimamente servire all'uopo una batteria di pliotron. Generalmente, nei piccoli impianti moderni per comunicazioni fra navi della stessa squadra nella Marina degli S. U. si usa un grande pliotron come generatore di onde ed uno piccolo per modulare quest'ultimo. La tecnica modernissima tende sempre più ad eliminare dalla radiotelefonia ogni disposizione di generazione ad arco od a macchina ed ogni tipo di microfono ad elevato potenziale sostituendo man mano tutti gli antichi elementi di un sistema radiotelefonico con audions generatori, audions amplificatori, audions rivelatori rendendo i recentissimi dispositivi estremamente semplici ed efficaci.

Un tipo di buon pliotron generatore è quello rappresentato dalla fig. 143, in cui la griglia è costruita

nell'identico modo a quello indicato, mentre l'anodo è formato da due piastrine d'alluminio.

La radiotelefonia a mezzo di tubi a rarefazione, è stata sperimentata fin dal 1914. Se ne occupò con seria preparazione tecnica la *The American and Telegraph Company* di concerto con la *Western Electric*

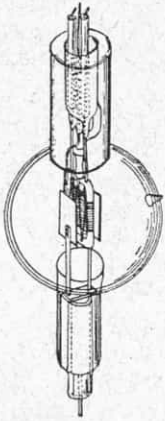


Fig. 143.

Company e con la Marina Americana. Le prime esperienze furono realizzate fra le stazioni di Montauk (Long Island) e Wilmington (Delaware) distanti circa 400 km. ed ebbero buon successo. Un posto provvisorio fu, in seguito, impiantato a Brunswick a circa 1260 km. da Montauk ed anche le prove realizzate a distanza così considerevole diedero incoraggianti risultati. Fu allora stabilito di tentare le grandissime

distanze ed un nuovo posto fu collocato ad Arligton (Virginia) usufruendo dell'alto e sviluppato aereo di quella stazione radiotelegrafica. Il 27 agosto 1914 un primo esperimento fu organizzato fra Arlington e Darien nell'istmo di Panama e parecchi fonogrammi furono regolarmente scambiati. Si ripeterono allora le prove fra Arlington e la stazione navale di Mare Island e mentre anche quest'esperienze diedero buon risultato, si ebbe la sorpresa di avvertire che i fonogrammi lanciati da Arlington a Mare Island erano stati ricevuti pure da Honolulu alla distanza di 8820 km., malgrado le alte montagne che separano le due stazioni e le interferenze atmosferiche assai fiere e nocive in quelle latitudini.

Altri esperimenti vennero organizzati tra Mare Island (California) a circa 2500 km., nel 1915, con grande successo.

Finalmente, ai primi del 1916 si ebbero i primi saggi di radiotelegrafia transatlantica fra Arlington e la Torre Eiffel (Parigi) e si riuscì a scambiare qualche parola. Dopo di che le disposizioni emissive a pliotron entrarono nell'uso comune della radiotelegrafia e speciali impianti se ne fecero a bordo delle navi della Marina americana, inglese, tedesca, francese ed anche in qualche nave italiana.

Rendiamo qui lo schema di una disposizione ideata dal Round, della Compagnia Marconi, nella quale una piccolo audion genera le oscillazioni, una seconda valvola le amplifica. Il microfono è inserito in un circuito oscillante intermedio che è induttivamente accoppiato tanto al circuito anodico dell'andion generatore quanto al circuito di griglia

della valvola amplificatrice. In questo modo, le oscillazioni generate dal piccolo andion V (v. fig. 144) vengono trasmesse al circuito microfonico che, dopo averle « modulate » le induce nel circuito di griglia della valvola V_1: questa le amplifica e le manda all'aereo. Come vedesi, non è facile immaginare una disposizione radiotelefonica più semplice di questa, che al pregio della semplicità addirittura schematica accoppia quello del sicuro e costante funzionamento.

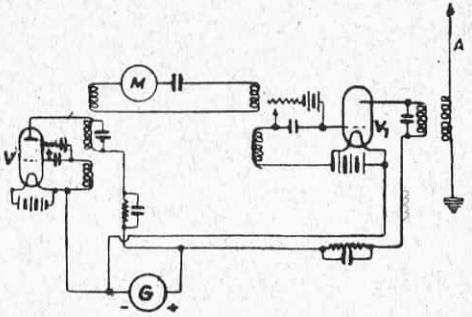


Fig. 144.

Altro dispositivo, ancora più semplice, è quello del De-Forest, rappresentato dalla fig. 145. In esso, un'unica valvola V genera e modula le oscillazioni.

Un microfono ordinario M è disposto in serie con la resistenza R nel circuito di griglia, in modo da *controllare* il circuito anodico nel quale è inserita la dinamo generatrice.

In riferimento a quanto esponemmo al paragrafo 17, facciamo notare che mentre coi vecchi si-

stemi radiotelefonici la « generazione » e la « modulazione » avevano organi distinti nelle disposizioni, invece, del Round e De-Forest la generazione e la modulazione hanno organi comuni.

Recentemente i signori Lieben e Reisz hanno esperimentato a Vienna ed introdotto nell'uso un nuovo tipo di valvola fondata sul principio scoperto da Velvelt nel 1904 che gli ossidi di certi metalli, e

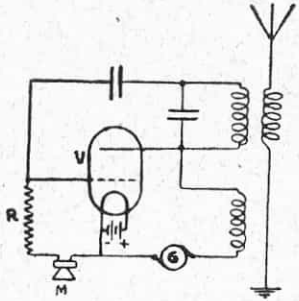


Fig. 145.

particolarmente quelli del calcio e del bario, posti in certe condizioni, emettono elettroni.

La forma data da Lieben e Reisz alla loro nuova valvola e la disposizione dei circuiti della medesima sono mostrate dalle fig. 146 e 147. Il catodo *K* consiste in un nastro di platino lungo 1 metro largo 1 mm. e dello spessore di 0,02 mm. piegato a zig-zag e fermato sopra un supporto di vetro. Il nastro è bene spalmato con una vernice di ossido di calcio, od ossido di bario.

La griglia *G* è costituita da un disco di alluminio

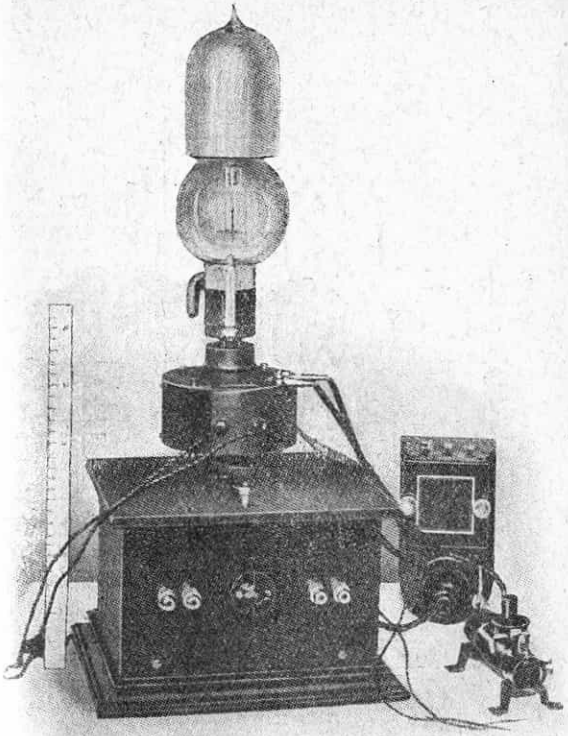


Fig. 146.

perforato con fori aventi 3-4 mm. di diametro, mentre

l'anodo A è costituito da una breve spiralina di filo d'alluminio di 2 mm. di diametro. I tre elettrodi sono montati in un tubo a vetro avente la forma indicata dalla figura. Il catodo è portato ad una temperatura fino a 1000° C. dalla batteria B_1 di 30 volts.

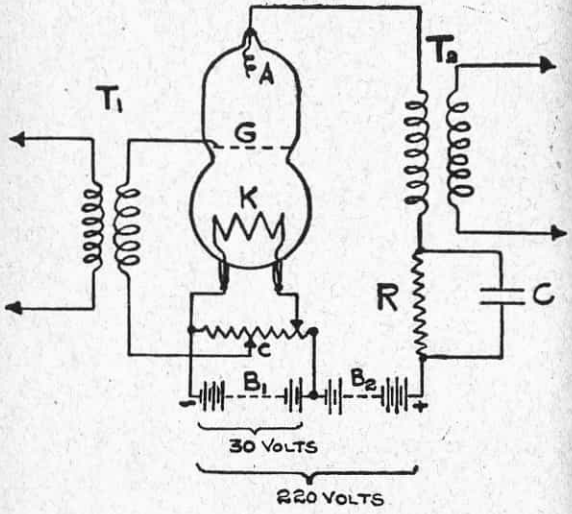


Fig. 147.

C è il contatto strisciante di un potenziometro, connesso alla griglia. La corrente da magnificare fa capo al trasformatore T_1; la corrente magnificata esce dal secondario del trasformatore T_2. Essendosi notata, durante le esperienze, una certa difficoltà ad ottenere un funzionamento regolare e costante ed

essendosi ciò attribuito all'incostanza del grado di vuoto interno, si è pensato di immettere nel tubo del vapore di mercurio e con questa modificazione si è riusciti a migliorare di molto le funzioni degli elettrodi ed a prolungare la vita della valvola dalle 1000 alle 3600 ore all'incirca. Gli inventori dichiararono di avere ottenuta, con questo tipo di valvola, una magnificazione di 33 tempi, indipendentemente dall'ampiezza della corrente primaria, e facendo uso di parecchie valvole connesse in cascata, sono riusciti ad ottenere che una corrente alternata dai 2000 agli 8000 cicli per secondo fosse magnificata di 20.000 tempi con perfetta riproduzione della originaria forma di onda.

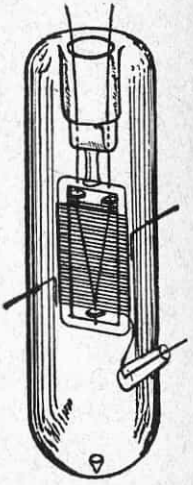


Fig. 148.

Un recentissimo tipo di valvola è quello introdotto dal Dott. Langmuir il quale, nelle sue ricerche, è partito dal principio che gli anodi metallici debbono essere privi, per quanto più è possibile, di gas occlusi. Nella realizzazione del Langmuir, mostrata dalla fig. 148, l'anodo è costituito da una sottilissima pellicola metallica depositantesi sulle pareti di vetro della valvola per sublimazione in vuoto parziale di un metallo chimicamente poco attaccabile, come per esempio il tungsteno. Per quanto molto sottile, la pellicola è sufficiente a condurre corrente fino a 100 m. ed anche più.

CAPITOLO IX

I RECENTI PROGRESSI E LO STATO ATTUALE DELLA TELEFONIA SENZA FILO.

44. La telefonia ordinaria ha brillantemente risolto il problema dello scambio simultaneo della conversazione (ascoltare e parlare contemporaneamente) derivando i telefoni ricevitori dallo stesso circuito della trasmissione. Ma ciò che è stato possibile alla telefonia ordinaria, date le basse tensioni in essa adoperate, è assai meno facile alla radiotelefonia in conseguenza specialmente della diversità dei mezzi adoperati e delle alte correnti in uso. Tuttavia, parecchie disposizioni sono state all'uopo proposte e noi ci limiteremo a notiziare quella del Fessenden, di cui alla fig. 149.

Il circuito $E\,B\,F$ è un circuito oscillante d'aereo; i quattro trasformatori T sono identici; pure identici sono i trasformatori T_1 i cui avvolgimenti sono disposti in modo che i loro effetti sul detector D si sommano. Suppongasi che l'alternatore ad alta frequenza N sia in marcia e che qualcuno parli davanti al microfono M. Le oscillazioni indotte nel circuito a compensazione $E\,B\,F$ e quelle indotte

sull'aereo sono uguali e di senso contrario: perciò i loro effetti si elidono. Il detector *D* non sarà attraversato da alcuna oscillazione e resterà inattivo, mentre le correnti di trasmissione giungeranno regolarmente all'aereo. Le oscillazioni in arrivo, invece, propagandosi dall'aereo ai trasformatori giungeranno al detector senza essere equilibrate o compensate in alcuna guisa e il detector potrà funzionare.

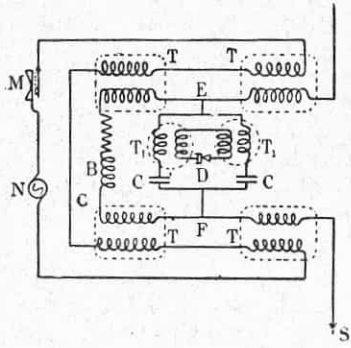


Fig. 149.

Con questo artificio il Fessenden ritiene di aver risolto il problema della libera conversazione radiotelefonica ma evidentemente un tale sistema è complicato, malsicuro e non si presta per essere applicato ai moderni sistemi di generazione e modulazione delle onde.

I. R. Carson ha, invece, cercato di girare il problema ideando un dispositivo trasmettitore per telefonia senza fili il quale avrebbe la preziosa proprietà

di far sì che l'aereo irradî energia solo nei momenti nei quali il microfono agisce. La disposizione proposta dall'inventore è quella rappresentata dalla fig. 150 in cui M è il microfono, T_1 un piccolo trasformatore, V_1 una valvola a tre elettrodi, T_2 un secondo trasformatore, A un alternatore ad altissima frequenza ed I il suo induttore. La corrente microfonica modulata dal microfono M e trasformata dal trasformatore T_1 agisce nel circuito di griglia della valvola ionica amplificatrice V_1. La corrente amplificata nel circuito anodico è trasformata mediante il trasformatore T_2, va ad eccitare l'induttore I dell'alternatore a frequenza r. t. A. L'ampiezza della corrente ad alta frequenza generata da quest'ultimo è quindi modulata in modo corrispondente alla corrente microfonica (amplificata e depurata di ogni componente costante), che circola nell'eccitazione. La corrente ad alta frequenza viene mandata nell'antenna attraverso alla valvola amplificatrice V_2 e al trasformatore T_3. Poichè la radiazione da parte dell'antenna cessa, quando non si parla davanti al microfono, si ha la possibilità del funzionamento in duplex, ossia della conversazione telefonica senza bisogno di manovrare commutatori od altro.

45. La telefonia senza fili è stata di recente applicata sui treni, in America, dalla Compagnia Ferroviaria che esercisce la linea Hoboken-Buffalo. Gli apparecchi sono stati progettati dai signori Foley e Lee de Forest. L'aereo è costituito da un filo di bronzo fosforoso che disegna quattro rettangoli secondo la lunghezza delle vetture, sostenuti da isolatori di porcellana. I fili delle quattro vetture compo-

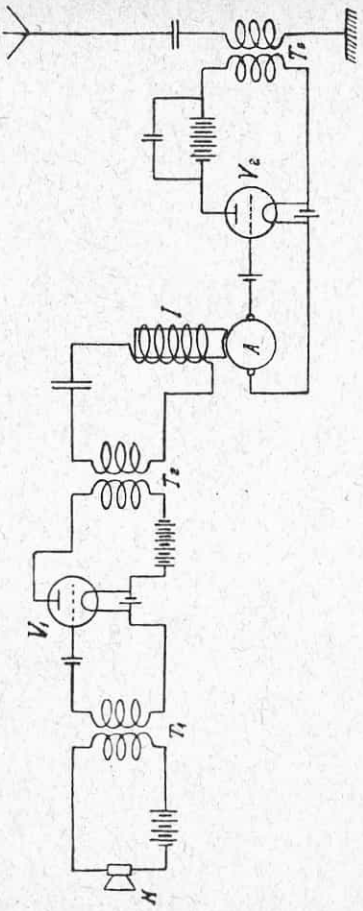


Fig. 150.

nenti il treno sono collegati in serie a mezzo di cordoni flessibili e lo sviluppo complessivo dell'aereo è di quasi cento metri.

La stazione generatrice, centrale, che si trova in un furgone da bagagli, si compone d'una turbina a vapore di 5 HP direttamente accoppiata ad un alternatore ad alta frequenza, di tipo speciale, che produce le onde destinate al trasporto delle vibrazioni della voce. Il vapore giunge dalla locomotiva nella turbina generatrice alla pressione normale di k. 56.70 facendola marciare a 2500 giri al minuto. Per la modulazione si adoperano cinque grandi microfoni riuniti in quantità.

Sembra che questo sistema stia rendendo discreti servigi e permetta ai viaggiatori ed al personale del treno che, compie percorsi di lunghe ore senza toccare stazioni, di rimanere permanentemente allacciati con i centri capo-linea.

Il Dott. Frederic H. Millener, in una sua monografia di recente pubblicazione ci dà alcuni ragguagli sopra un altro sistema di comunicazione radiotelefonico con i treni in moto usato dalla « Union Pacific Railroad ». A detta del Frederic, poichè l'esperienza sembrava indicare il radiotelefono come l'apparecchio ideale per il servizio delle comunicazioni ferroviarie, tutti gli studi e gli sforzi degli ingegneri della U. P. R. vennero rivolti alla ricerca di un sistema pratico e si cominciò coll'istituire una serie di prove di confronto fra la trasmissione con archi e quella con scintilla. Da questi confronti emerse, a quanto sembra, la conclusione che il sistema a scintilla è conveniente per le onde corte; quello ad arco per le onde lunghe.

Il primo apparecchio r. telefonico trasmettente, al quale viene dato dall'A. il nome di « Radiofono », venne concretato sulla base di un sistema di quattro archi in serie, brucianti in atmosfera idrocarburata, con raffreddamento ad acqua e muniti del campo magnetico trasversale. Ad esso ne seguirono altri due, l'ultimo dei quali ha dati i risultati migliori. In questo i positivi sono di rame, i negativi di carbone; le estremità degli elettrodi sono foggiate in modo che l'arco avvenga entro una specie di capsula, e perciò fuori contatto dell'ossigeno, ciò che sembra eliminare completamente il prodursi dell'arco fischiante, nocivo alla buona trasmissione della voce.

Con questo tipo di radiofono, impiegando tensioni di 500 V., piuttosto abbondanti rispetto alla richiesta degli archi, distanze degli elettrodi da 2,5 a 3,75 cm., correnti da 7 a 10 A., si ebbero buone comunicazioni r. telefoniche a notevoli distanze. È degno di nota il fatto che l'ingegnoso dispositivo che fa avvenire l'arco fuori contatto dell'ossigeno permette altresì di eliminare il campo magnetico trasversale e l'atmosfera idrocarburata, con vantaggio nella semplicità e nel maneggio dell'apparecchio.

Dopo i buoni risultati ottenuti venne tentata la comunicazione con treni in moto sistemando il trasmettitore ad arco nel carro-bagaglio, valendosi di un piccolo aereo ad ombrello per comunicazioni a breve distanza e, successivamente, di un aereo orizzontale sistemato sul tetto del convoglio.

La buona riuscita dell'esperienza, eliminando lo scetticismo degli increduli, favorì l'adozione di impianti su più larga scala e specialmente sui grandi

espressi di lusso che percorrono le linee della « Union Pacific Railroad ».

L'A. dà una chiara descrizione, completata da schemi e fotografie, di un impianto completo di radiotelefonia in un treno composto di locomotiva con tender, carro-bagagli e sei vagoni Pullmann adibiti, secondo l'uso dei grandi transcontinentali, a vetture-letto, vetture-ristorante, libreria, club, ecc. Il trasmettitore è contenuto nel carro-bagagli ed è collegato al sistema aereo-terra. L'aereo è costituito da circa 15 fili orizzontali che corrono sul tetto del convoglio, con connessioni fra i diversi carri fatte a mezzo di accoppiatoi.

Nell'interno delle diverse vetture vi sono cinque ordinari apparecchi telefonici che possono essere inseriti a volontà tanto sul trasmettitore e sul ricevitore radiotelefonico quanto sulle reti telefoniche urbane quando il treno è fermo in stazione.

Tutti i collegamenti sono fatti per mezzo di cavo multiplo a 12 fili disposto nella parte inferiore delle vetture, con appositi accoppiatoi fra una vettura e l'altra.

Per l'esecuzione di lavori, esperienze e studi occorreva ai tecnici preposti al nuovo servizio un apposito carro-laboratorio. E questo venne concesso ed attrezzato, con grande larghezza, comprendendo, oltre al macchinario indispensabile, un complesso r. telegrafico e r. telefonico completo ed, in più del solito aereo orizzontale, altro aereo sistemabile su albero a cannocchiale tipo Komet, alto 25 metri.

Col carro-laboratorio vennero eseguite importanti esperienze di ricezione fonografica e col dittafono,

valendosi di potenti relais amplificatori. In condizioni normali si ebbero buone ricezioni dalle stazioni di Honolulu, San Francisco, Saw, Tucherton, Arlington, Boston, Belmar, Seagate, Nuova Orleans.

46. Un sistema abbastanza usato di apparecchi da aereoplani è quello della Compagnia Lorentz di

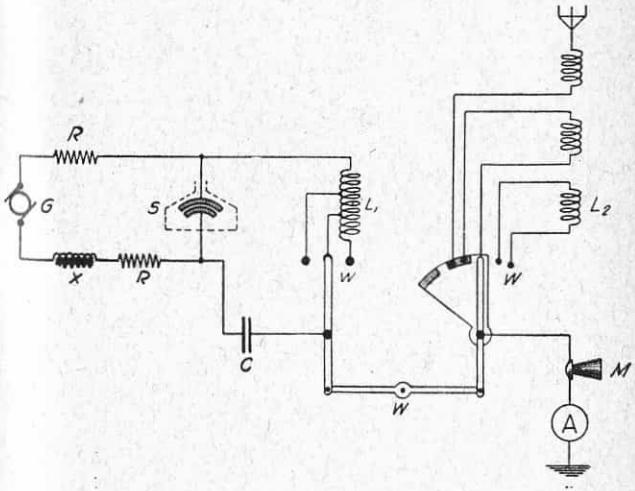


Fig. 151.

Berlino, detto sistema « multitono » lo schema del cui trasmettitore è visibile nella fig. 151.

G è un generatore di corrente continua ed elevato voltaggio, azionato mediante trasmissione a cinghia dallo stesso motore del velivolo, *R* ed *R* sono due resistenze ed *X* una selfinduzione destinate ad im-

pedire che il circuito oscillante si scarichi attraverso la dinamo; *S* è lo spinterometro di cui parleremo più sotto; *C* il condensatore; *W W* e *W* rappresentano uno speciale commutatore destinato a variare per tre valori diversi le caratteristiche del sistema in modo da poter regolare la emissione su tre lunghezze d'onda e tre « toni » diversi; *U* è un ordinario microfono ed *A* è una capacità che serve da controaereo

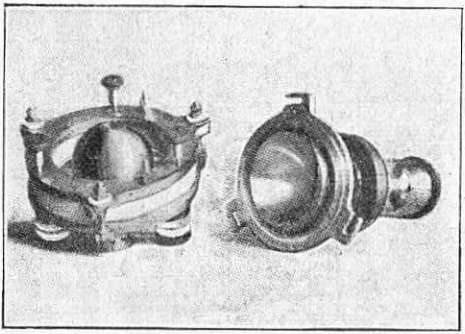


Fig. 152.

invece della terra. La resistenza del microfono è uguale, press'a poco, a quella complessiva del circuito dell'aereo. Lo spinterometro è costituito da una sfera di rame, del diametro di circa 10 cm. investita in una cavità sferica e concentrica in modo che le due superfici, esterna ed interna, siano quasi a contatto. La fig. 152 mostra la realizzazione tecnica di questo sfinterometro che è facilmente smontabile a scopo di pulizia. Le scintille scoccano in un'atmo-

sfera di alcool lasciato cadere, goccia a goccia, da un serbatoio soprastante.

La fig. 153 mostra il cofanetto per aereoplani della Compagnia Lorentz, comprendente il complesso degli apparecchi di sola trasmissione.

Un altro tipo di radiotelefono per aereonatanti è quello ideato dal Dr. E. Leon Chaffée in collabora-

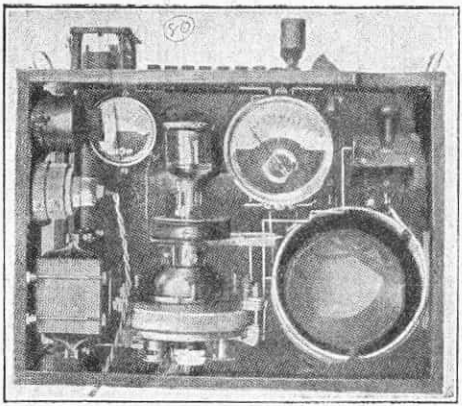


Fig. 153.

zione col Prof. George W. Pierce. Lo schema del complesso trasmettitore è poco dissimile dagli altri schemi di questo tipo. Il generatore dell'energia è una dinamo a corrente continua a 500 volts, da 0.3 a 0.8 ampères, che è quanto dire da 150 à 400 watts. Una resistenza regolabile e due selfinduzioni provvedono ad impedire che le scariche oscillanti si propaghino al circuito della dinamo. Un apposito cur-

soio regola l'accoppiamento induttivo coll'aereo ed infine il microfono è inserito direttamente tra l'aereo e la terra.

Lo spinterometro Chaffée è di forma tutta speciale. Esso consiste in due pezzi troncoconici uno di alluminio e l'altro di rame che possono essere ravvicinati

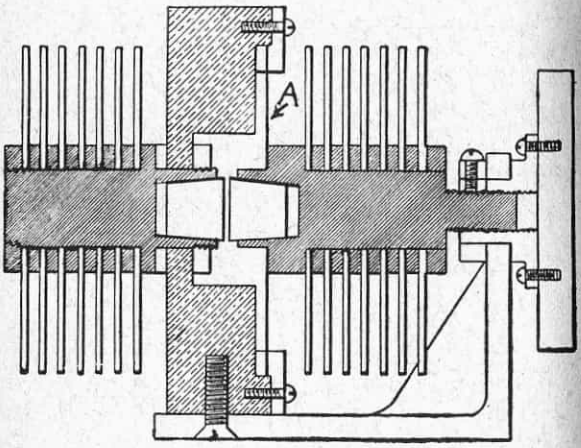


Fig. 154.

più o meno mediante vite di regolaggio visibile alla destra della fig. 154. I due pezzi sono contenuti in una camera voltaica di cui una parete è formata da un diaframma flessibile di bronzo fosforoso *A* la cui flessibilità permette il regolaggio della distanza esplosiva. Nell'interno della camera voltaica è contenuto del vapore d'alcool immersovi mediante apposito

condotto da un recipiente disposto superiormente. Sui prolungamenti dei pezzi troncoconici sono inseriti quattordici dischi lamellari, sette per parte, i quali servono pel raffreddamento più rapido dello spintero-metro. La distanza esplosiva è, di solito, mai superiore ad un millimetro e la scarica avviene sotto forma di arco fisso di un vivido colore porpora o violetto.

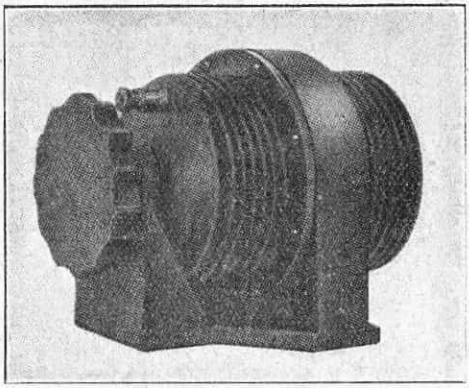


Fig. 155.

La fig. 155 mostra la realizzazione tecnica dell'esploditore Chaffée; generalmente, però, in luogo di un solo esploditore se ne usano due o tre in serie e in questo caso il serbatoio dell'alcool è sempre unico. Con due esploditori insieme viene usato un varimetro di accoppiamento.

Con questi dispositivi la corrispondenza radiotelefonica è stata sperimentata sopra una distanza mas-

sima di 64 chilometri conseguendo ottimi risultati. Con due esploditori e 2.7 ampères sull'aereo la musica di un fonografo è stata chiaramente percepita sopra un aereonavigante alla distanza di 180 chilometri.

47. In questi ultimi anni la Compagnia Marconi

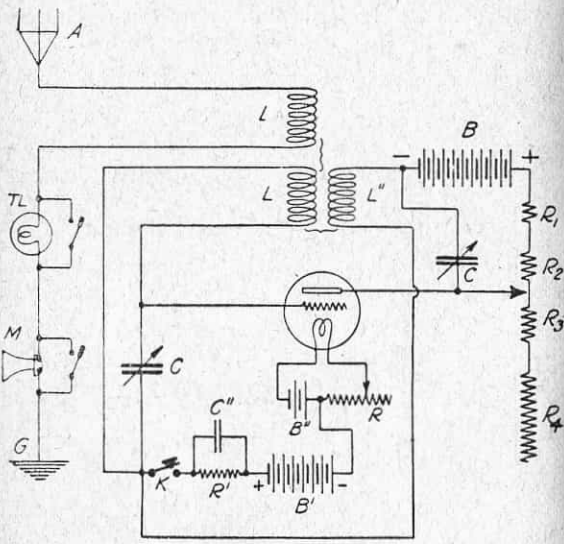


Fig. 156.

ha creato sistemi pratici di radiotelefonia che hanno assicurato durante la guerra, e dopo, importanti e regolari comunicazioni. Una delle disposizioni che hanno avuto maggiore successo è quella rappresentata dalla fig. 156 in cui A è l'aereo; i-1 il secondario

dell'accoppiamento induttivo che riunisce l'aereo all'oscillatore di emissione; *Tl* è un lampadino di spia per denunziare la carica, o meno, dell'aereo; *U* il microfono con commutatore di esclusione e *G* la terra. Il microfono agisce sul circuito di griglia di una valvola del Round, a tre elettrodi, destinata a generare le oscillazioni. Il circuito di griglia è servito dalla batteria *B'* di 30 volts e comprende una resistenza *R'* di 3500 ohms la quale, suntata con il condensatore *C''*, ha lo scopo di permettere il passaggio nel circuito della corrente oscillante ma d'impedirlo, invece, alla corrente continua degli accumulatori la quale potrebbe riscaldare eccessivamente la griglia. *B''* è una batteria di 80 ampères per l'incandescenza del filamento. *K* è un tasto manipolatore per la trasmissione eventuale di segnali telegrafici quando il microfono sia escluso: detti segnali possono servire specialmente per la chiamata. La batteria *B* di 500 volts alimenta il circuito di placca nel quale sono incluse le resistenze R_1, R_2, R_3 di 500 ohms e la resistenza R_4 di 10.000 ohms destinate alla stessa funzione della resistenza R^1.

La forma costruttiva di questo emettitore radiotelefonico è rappresentata dalla fig. 157 che ne dimostra la semplicità e la portatilità. L'apparecchio indicato con *V* è la valvola del Round. Questo complesso serve specialmente per usi navali di piccolo cabotaggio ma può essere utilmente associata agli impianti radiotelegrafici di qualunque piroscafo.

Il dispositivo ricevitore è quello indicato dallo schema della fig. 158. Anche nella ricezione è impiegata una valvola del Round la cui griglia è collegata

direttamente all'aereo tra la *self* d'accordo *l* e la

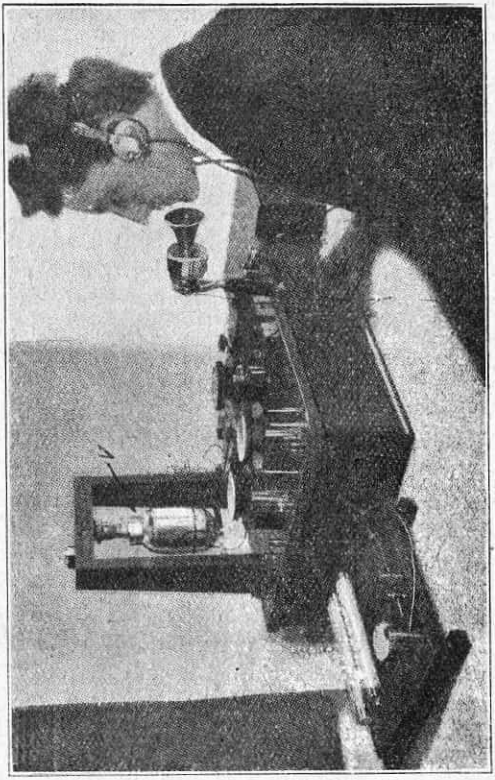


Fig. 157.

capacità *C*. Il circuito di griglia è accoppiato, col metodo cosiddetto « rigenerativo » al circuito della

placca mediante il *jigger i' i''*. La placca è servita dalla batteria *B* di 200 volts e per impedire l'accesso

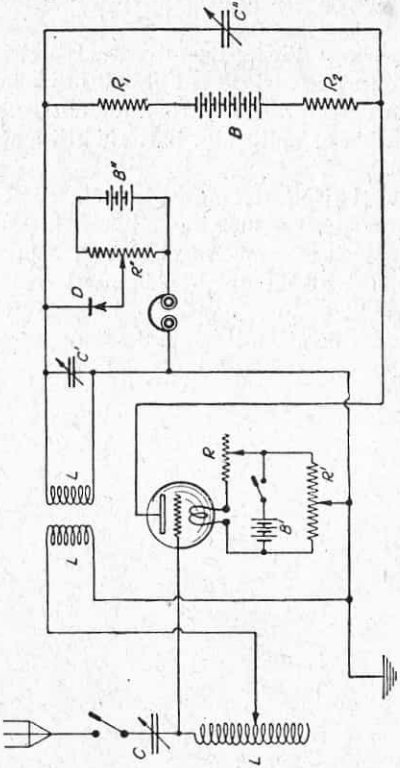


Fig. 158.

alla valvola della corrente continua della batteria stessa è adottato lo stesso sistema delle resistenze

che abbiam visto impiegare nel complesso trasmettitore. Le resistenze *ad hoc* sono R' ed R' di 2000 ohms complessivamente. Il filamento è portato all'incandescenza da una piccola batteria B' di tre accumulatori con l'inserzione eventuale del potenziometro R. In derivazione sul circuito di placca è disposto un detector D, a carbourundum come cimoscopio ausiliare, unito alla batteria B'' e al potensimetro R'.

Con questi dispositivi e usando un aereo di 30 metri di sviluppo per 60 metri di altezza la Compagnia Marconi garantisce una regolarità di comunicazioni alla distanza media di 50 chilometri erogando 0,6 ampères sull'antenna; erogando, invece, un ampères la distanza media di comunicazione raggiunge i 160 Km.

CAPITOLO X

Il « dinatron » e il « pliodinatron » nella Radiotelefonia.

48. In questi ultimi tempi la tecnica della costruzione dei tubi a vuoto si è andata sempre più perfezionando e se ne è contemporaneamente sviluppata la teoria procedendo verso l'ideazione di nuovi tipi

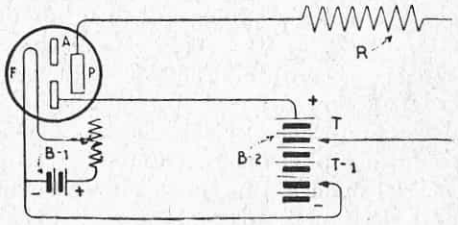


Fig. 159.

adatti a risolvere i problemi di maggior dettaglio e le esigenze più minute della telegrafia e della telefonia senza filo.

L'ultima parola della scienza in argomento di tubi a moto è il « dinatron » ideato e costruito dal

Laboratorio sperimentale dell'americana « General Electric Company ». Il dinatron contiene un filamento di tungsteno *F*, reso incandescente dalla batteria *B*1 regolata dal solito potenziometro; un elemento anodico *A* costituito da un cilindro bucherellato e una piastra *P* che talvolta è in forma di secondo cilindro metallico che avvolge l'anodo. La fig. 160 mostra la realizzazione tecnica di uno dei tipi più recenti di dinatron il quale ha la forma, press'a poco, di un piccolo tubo Roentgen, specialmente per il sistema d'introduzione degli elettrodi e per il metodo adottato onde impedire l'eccessivo riscaldamento degli elettrodi stessi.

La batteria anodica *B*-2 costituita, nei casi ordinari, da un centinaio di elementi, mantiene una costante differenza di potenziale tra filamento e anodo. L'anodo ha la funzione esclusiva di provocare un passaggio di elettroni primari dal filamento all'anodo stesso e, attraverso i fori, fino alla piastra, promovendo successivamente l'emissione di elettroni secondari da parte della piastra quando la velocità della corrente primaria e la differenza di potenziale piastra-filamento hanno raggiunto un certo valore critico. Nel momento in cui la piastra comincia ad emettere elettroni secondari, la corrente tra filamento e piastra è uguale alla differenza fra la corrente degli elettroni primari e quella degli elettroni secondari. Mentre il numero degli elettroni primari dipende dal grado d'incandescenza del filamento, quello dei secondari dipende, invece, dalla differenza di potenziale piastra-filamento: ne consegue che aumentando questa differenza il numero degli elettroni secondari

può superare quello dei primari fin'anche al rapporto da venti ad uno.

A seconda della disposizione del circuito, il di-

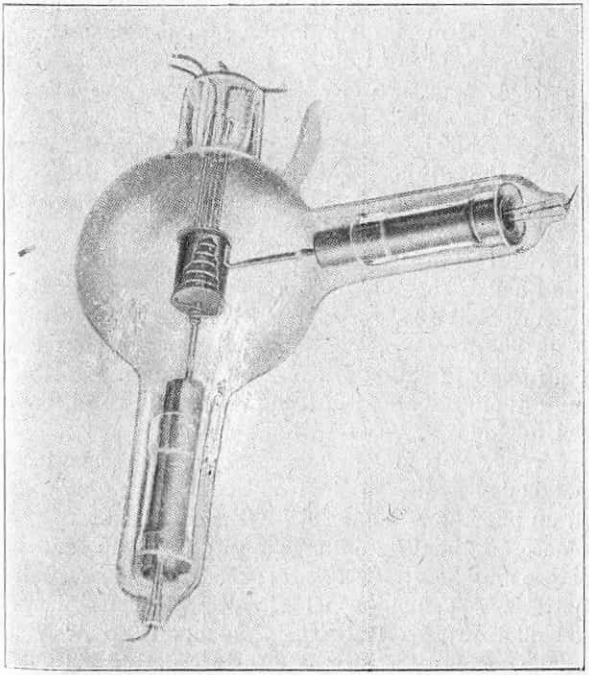


Fig. 160.

natron — che appartiene al tipo di tubi cosiddetti « a resistenza negativa » — può agire da *amplificatore di tensione* ovvero da *amplificatore di corrente*.

I circuiti di tale specie presentano la particolarità che pur essendo costituiti da elementi di resistenza rilevante in valore assoluto, la loro resistenza complessiva è però minima, d'onde la egregia qualità dei dinatron di funzionare come eccellenti amplificatori, assai meglio dei fliotron i quali non rendono, in generale, più di quindici amplificazioni mentre i dinatron, a quanto si assicura, possono amplificare fino a mille volte.

Questa preziosa qualità è abilmente sfruttata nei recentissimi dispositivi della *G. Electric Company* per la ricezione radiotelefonica sia adoperando il dinatron come rivelatore, da solo, sia in riunione con altri ricevitori ed anche combinando l'azione del dinatron con quella del rivelatore-amplificatore pliotron. Uno schema tra i più usati nella ricezione radiotelefonica è quello rappresentato dalla fig. 161 nella quale *l* è un *jigger* di sintonia, *C* un condensatore regolabile pure di sintonia e *C'* un condensatore di regolazione del telefono *T*.

La fig. 162 mostra un interessante dispositivo nel quale l'azione del dinatron è combinata con quella di un pliotron *A* è l'aereo, *l*-1 il primario di un *jigger* d'accordo di cui *l*-2 è il secondario; *C*-2 è un condensatore sintonico; *P*-1 la cuffia ricettrice servita dalla batteria *B*-4 inclusa nel circuito filamento-piastra del pliotron; *B*-1 la batteria del filamento *F; G* la griglia, *P* la piastra. Gli elementi del circuito del dinatron sono i medesimi anzidescritti. Con questo dispositivo si sono recentemente ottenuti notevolissimi risultati di amplificazione in casi di ricezione radiotelefonica a grande distanza.

L'impiego del dinatron sembra destinato ad un grande avvenire anche, e specialmente, per la gene-

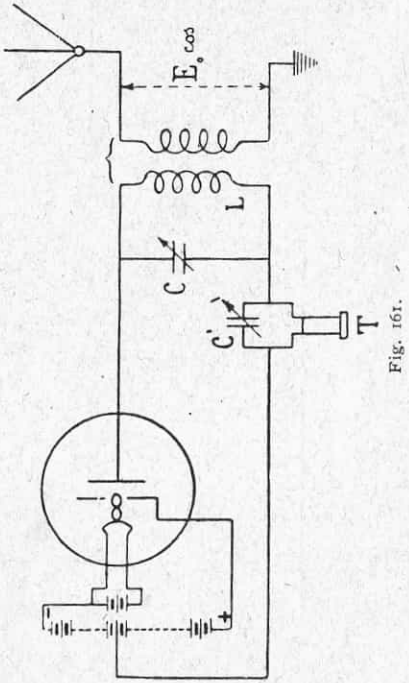


Fig. 161.

razione di onde d'alta frequenza, sebbene il suo rendimento in questo caso non raggiunga che il 50%.

La fig. 163 mostra la disposizione adottata per la produzione delle oscillazioni. *B*-1 è la batteria del

filamento *F*; *B*-2 la batteria del circuito anodico;

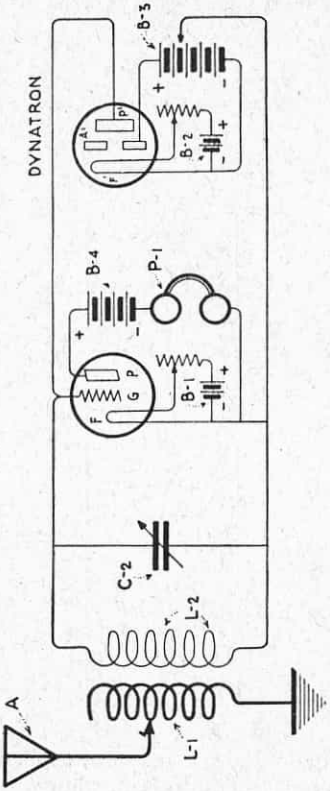


Fig. 162.

A è l'anodo del dinatron. Il circuito oscillante comprende il condensatore *C* e il *jigger l* in serie sul cir-

cuito della piastra, e può rendere oscillazioni di fre-

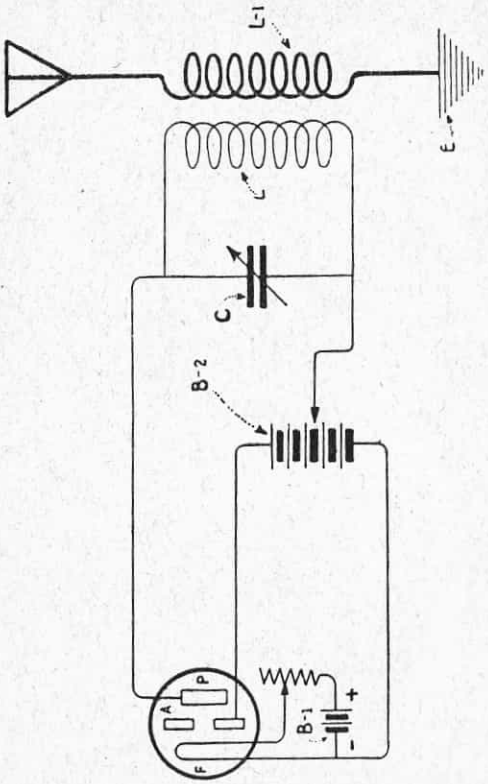


Fig. 163.

quenza estremamente elevata, fino a circa venti milioni per secondo. Tale dispositivo è generalmente

impiegato per la generazione di onde destinate a

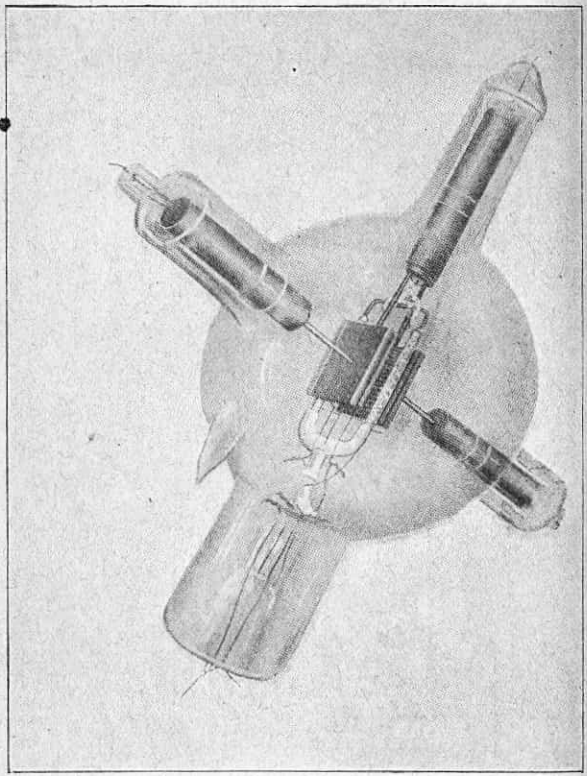


Fig. 164.

servire localmente, o per misure o per la ricezione ad eterodina, mentre per la trasmissione radiotele-

fonica si ricorre preferibilmente ai dispositivi serviti da quella nuova varietà di dinatron che è il cosiddetto « pliodinatron ».

49. Il pliodinatron ha un elettrodo in più del dinatron: una reticella attorno al filamento. La figura 164 ne mostra una delle ultime realizzazioni tecniche. Il carattere di questo manuale e i limiti che ci siamo imposti nella nostra trattazione ci vietano una spiegazione teorica anche sommaria del funzionamento del pliodinatron. In radiotelefonia esso viene adoperato sia come detector sia come generatore di oscillazioni. La fig. 165 mostra uno dei dispositivi più comuni in uso per la ricezione: *i*-1 *i*-2 indicano il solito accoppiamento induttivo d'accordo, *C*-1 il condensatore pure d'accordo, *G* la griglia del pliodinatron; *F* il filamento servito dalla batteria *B*-1; *A* l'anodo e *P* la placca; la batteria *B*-2 serve il circuito anodico.

Il potenziale della placca *P* rispetto all'anodo è regolato dal corsoio *T* che inserisce nel circuito anodico un numero variabile di elementi. Il circuito di placca comprende l'induttanza *C*-3, il condensatore-shunt *C*-2 e il telefono *P*-1 con annesso condensatore *C*-3. La funzione del circuito *i*-3, *C*-2 è quella di aumentare la selettività del sistema.

Il pliodinatron si presta egregiamente a generare le onde adatte per radiotelefonia ed a creare dispositivi atti alla trasmissione per piccole distanze: la fig. 166 mostra appunto una delle disposizioni di questo genere che ha fatto buona prova. Essa è fondata sul principio che il pliodinatron, variando il campo elettrostatico nell'interno del tubo a mezzo

della griglia, cambia funzionamento e l'energia in

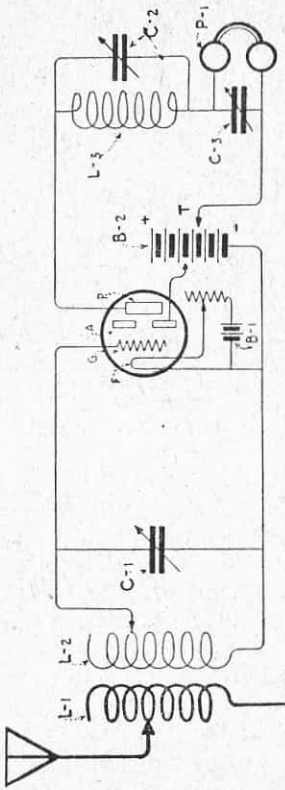


Fig. 165.

giuoco subisce una variabilità di valori in corrispondenza colle variazioni del campo. All'uopo la griglia *G*

è posta in condizione di essere influenzata dalle correnti di un ordinario microfono *M* attraverso un

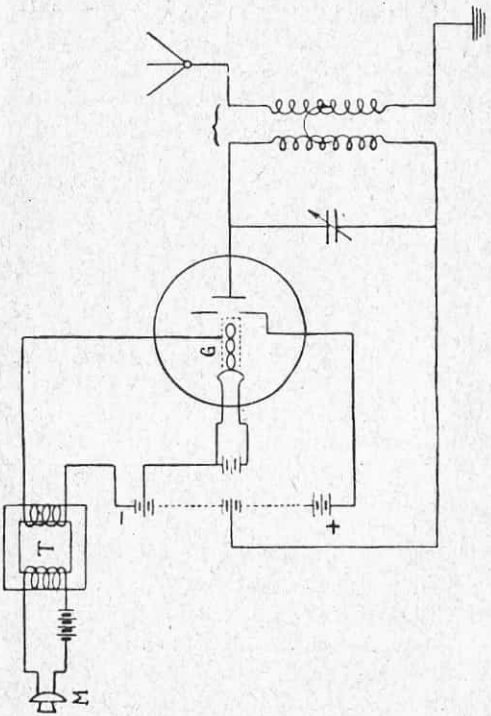


Fig. 166.

trasformatore statico *T*. Si comprende facilmente come le variazioni della corrente microfonica prodotte dalla voce umana, eccitando la griglia, produ-

cano analoghe variazioni nel regime del pliodinatron e determinino nel circuito oscillante anodo-placca-condensatore-self delle oscillazioni a frequenza altissima e già, diremo così, « modulate ». Un vantaggio notevolissimo di questo sistema di generazione radiotelefonica consiste, appunto, in questa contemporaneità della produzione e della modulazione delle onde, di guisa che l'aereo è « libero » negli istanti di riposo e può, con adatti espedienti, esser messo a disposizione degli apparati ricettori rendendo così possibile lo scambio ininterrotto della conversazione.

Un dispositivo pressochè simile è quello indicato dalla fig. 167 in cui M è il microfono, di tipo normale; B la batteria microfonica; P il primario di un piccolo trasformatore di cui S è il secondario; B_1 è la batteria del circuito di griglia; G la griglia, F il filamento servito dalla batteria B_2; A l'anodo servito dalla batteria B'; P la placca. Il corsoio D serve a distribuire opportunamente la corrente della batteria B'; i_1 e C_1 costituiscono il sistema oscillante in accoppiamento induttivo col sistema dell'aereo.

La *General Electric Company* ha sperimentato questa disposizione nel 1917-18 sopra una distanza di sedici miglia con ottimi risultati.

50. Nei moderni sistemi radiotelefonici si è andato delineando un conflitto abbastanza acuto fra la richiesta di segnali forti, alla ricezione, e il bisogno, generalmente sentito, di un'estrema selettività. Il conflitto nasce dal fatto che mentre per l'altisonanza dei fonogrammi ricevuti occorrono detectors sensibili e apparecchi di amplificazione strettamente accoppiati all'oscillatore d'aereo, una buona selettività

richiede, invece, delle condizioni perfettamente opposte. Il problema non può essere che parzialmente

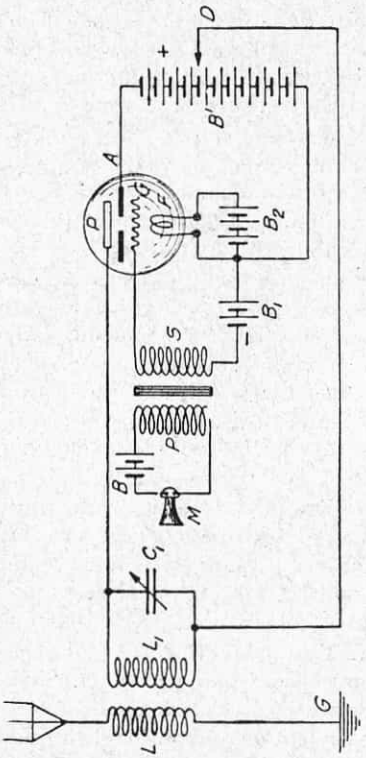


Fig. 167.

risolto a mezzo di una transazione opportuna tra le due richieste ed in ogni singolo caso si ricorre gene-

ralmente ad un compromesso determinato in base allo studio delle condizioni esistenti nel settore hertziano di ogni stazione. Lo studio di queste condizioni, e cioè delle interferenze che si avranno nelle vicinanze di un posto ricettore radiotelefonico, costituisce un fattore estremamente importante nella determinazione della quantità di energia che converrà adoperare nel posto trasmettitore corrispondente: a questo importantissimo fattore spesso non si pone mente nel disegno di una comunicazione.

La pratica dimostra altresì che le interferenze dei trasmettitori a scintilla disturbano la ricezione radiofonica assai meno di quanto ci si potrebbe aspettare e ciò a causa della relativa lentezza dei segnali radiotelegrafici in confronto alla estrema rapidità colla quale si succedono i suoni della parola e della grande e selettiva diversità tra gli uni e gli altri. L'interferenza dei trasmettitori ad onde persistenti, o quasi, è, invece, assai più dannosa perchè sovrappone alla normale ricezione radiofonica una nota musicale continua. Inoltre, le due frequenze in arrivo, combinandosi, danno luogo spesso al noto fenomeno fisico dei « battimenti » il quale praticamente si risolve in una serie continua e rapidissima di colpi secchi che notevolmente disturbano la ricezione. Nelle vicinanze di una grande Stazione radiotelegrafica ad arco l'inconveniente può divenire gravissimo specialmente se dal posto radiotelefonico corrispondente siano usate onde a compensazione: in questo caso si produce ordinariamente una serie di *sovratoni* che rende al telefono ricettore un rumore continuo e forte di colpi. Ad eliminare un tale gravissimo incon-

veniente sarebbe necessario che le Conferenze Radiotelegrafiche proibissero l'impiego di oscillazioni a frequenza troppo bassa giacchè è ormai opinione comune che l'uso di tali frequenze ritarderà lo sviluppo della Radiotelefonia. Sarebbe inoltre necessario che adeguati provvedimenti tecnico-legislativi venissero assunti dalle stesse Conferenze onde evitare nelle Stazioni ad onde persistenti — e ciò non può essere difficile — la produzione di queste serie di sovratoni che, per di più, non sono generalmente armonici.

Le interferenze delle scariche atmosferiche, telluriche e comunque parassitarie sono, in Radiotelefonia, assai meno dannose che in Radiotelegrafia giacchè il potere risolutivo dell'orecchio agisce beneficamente nel senso di selezionare con grande facilità i disturbi atonici delle scariche stesse dai suoni vocali; inoltre la facile intuizione di qualche lettera o di qualche parola morzata dalle scariche aiuta grandemente alla ricostruzione del fonogramma.

La parola ricevuta radiotelefonicamente risulta generalmente chiara e non deformata come spesso accade nella telefonia ordinaria in cui la selfinduzione e la resistenza delle linee influiscono dannosamente, specie se la distanza è grande. Così è stato possibile alla voce umana di valicare l'immensità dell'Atlantico a mezzo delle onde prima ancora che a mezzo del filo, appunto per il fatto che la selfinduzione, la resistenza e la capacità dei cavi sottomarini rendono il sistema dei cavi stessi così *inelastico* alla trasmissione elettrica delle vibrazioni sonore che la parola ne risulta deformata o addirittura spenta.

La comunicazione radiotelefonica transatlantica

era stata annunziata come un fatto compiuto fino dal Novembre 1913 tra Glace Bay (Nuova Scozia) e Clifden (Irlanda) ad una distanza di circa 1900 miglia marine, ma tale notizia non fu confermata. Nel luglio del 1914, mentre si procedeva a delle esperienze davanti ad una Commissione governativa del Canadà, il signor Godfrey Isaacs, Presidente della Compagnia Marconi, dichiarò che la Compagnia sarebbe stata in grado, entro un anno, di comunicare tra l'Europa e l'America, ma la guerra interruppe l'esecuzione del programma di lavori e d'esperienze allora in corso. Soltanto nel Marzo 1918 la Compagnia Marconi ha potuto annunziare di avere stabilito una comunicazione radiotelefonica tra l'Irlanda e il Canadà.

La comunicazione ha potuto finora avvenire in una sola direzione, ma si confida che fra breve lo scambio dei fonogrammi potrà essere attivato da una parte all'altra dell'Oceano con sufficiente regolarità.

In queste esperienze gli apparecchi trasmettitori sono stati installati a Ballybunion, Ireland, (vedi fotografia della Stazione alla fig. 168) e l'impianto della ricezione è stato montato a Louisbourg, Cape Breton, nella nuova Scozia. A Ballybunion si fa uso di un motore portatile, a petrolio, accoppiato a una dinamo la quale eroga la sua corrente ad un sistema di due grandi valvole a vuoto, tipo Marconi modernissimo, riunite in quantità ed atte a fornire 2.5 kilowatts di energia a 12.000 volts. Per la modulazione s'impiega una terza valvola inserita nell'oscillatore e nel cui circuito di griglia è disposto un nor-

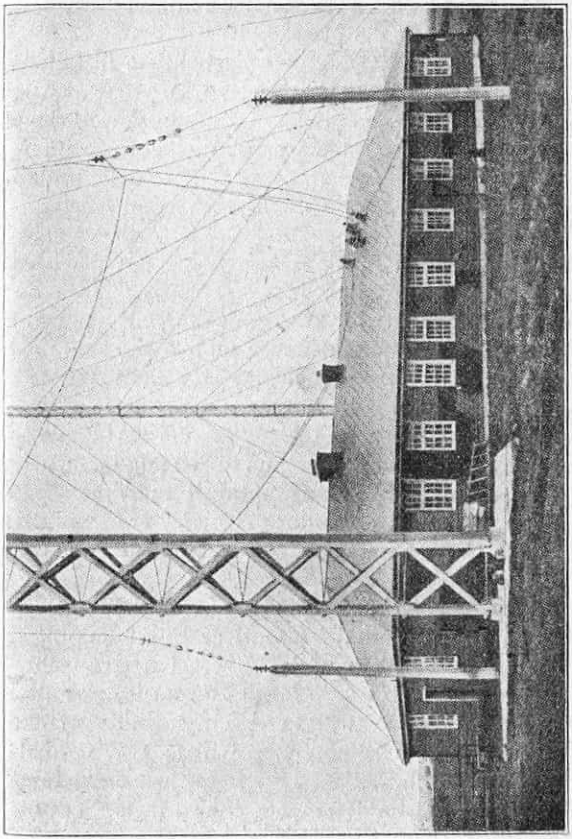


Fig. 168.

male microfono. La lunghezza d'onda usata è di 3.800 metri. L'aereo è a forma di ombrello con l'albero centrale alto 160 metri.

Alla stazione ricettrice di Louisbourg è installato un ricevitore a valvola tipo A 55. La distanza tra le due Stazioni è di 1.800 miglia marine. La parola viene ricevuta abbastanza chiaramente malgrado le interferenze, d'altronde non troppo dannose, delle grandi stazioni a scintilla. Notevole il fatto che alla distanza di 500 miglia, la Stazione di Chelnesford riceve chiaramente i segnali di Ballybunion con un aereo di pochi metri, usando il ricevitore Tipo 55.

51. Recentemente la Compagnia Marconi ha creato una disposizione radiotelefonica mobile della cui praticità ed ottimo funzionamento si è molto favorevolmente parlato. La disposizione permette altresì la comunicazione radiotelegrafica per la quale è garantita una distanza massima di 100 miglia, mentre per lo scambio dei fonogrammi il massimo della distanza è di miglia sessanta: in condizioni favorevoli, però, detti massimi possono essere notevolmente aumentati.

La stazione può essere eretta in dieci minuti da tre uomini o in quindici minuti da due uomini. Gli alberi sono due, di alluminio, alti dieci metri e l'aereo è orizzontale. L'energia è fornita da un gruppo elettrogeno (fig. 169) costituito da un motorino a petrolio a due cilindri, della potenza di 2 3/4 HP, il quale aziona un alternatore ad alta frequenza della forza di ½ kilowatt completamente chiuso in una scatola metallica. L'energia prodotta dal gruppo è condotta al complesso degli apparecchi trasmettitori a mezzo

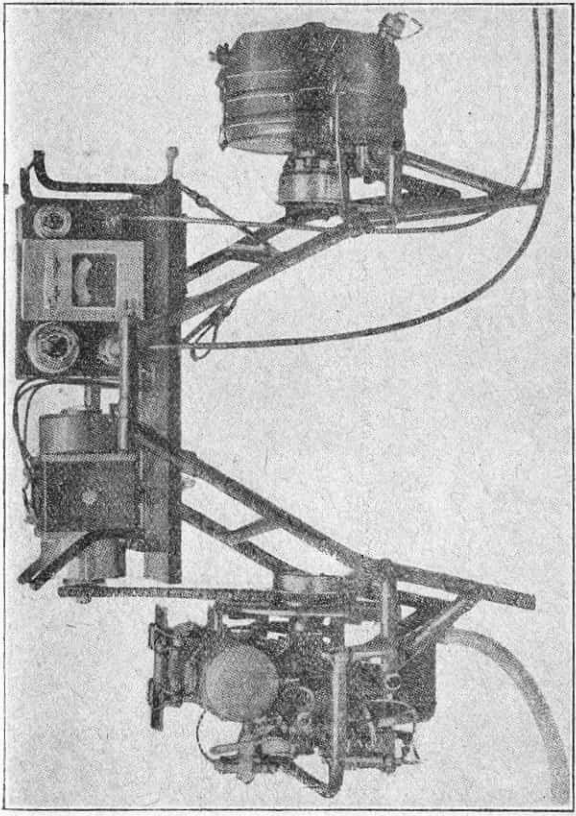


Fig. 169.

di cordoni flessibili, isolati e protetti da una guarnizione pure metallica.

Il complesso trasmettitore è montato in un co-

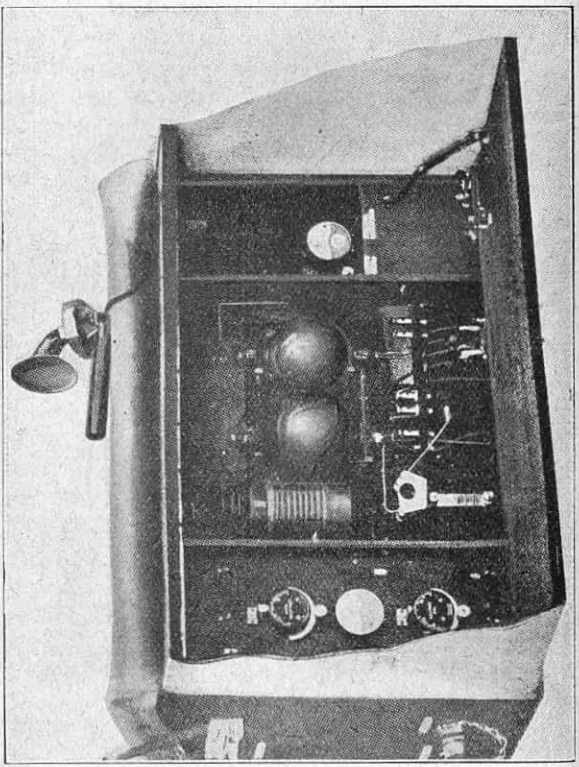


Fig. 170.

fano a parte (vedi fig. 170) il quale racchiude un trasformatore statico atto ad elevare il potenziale della

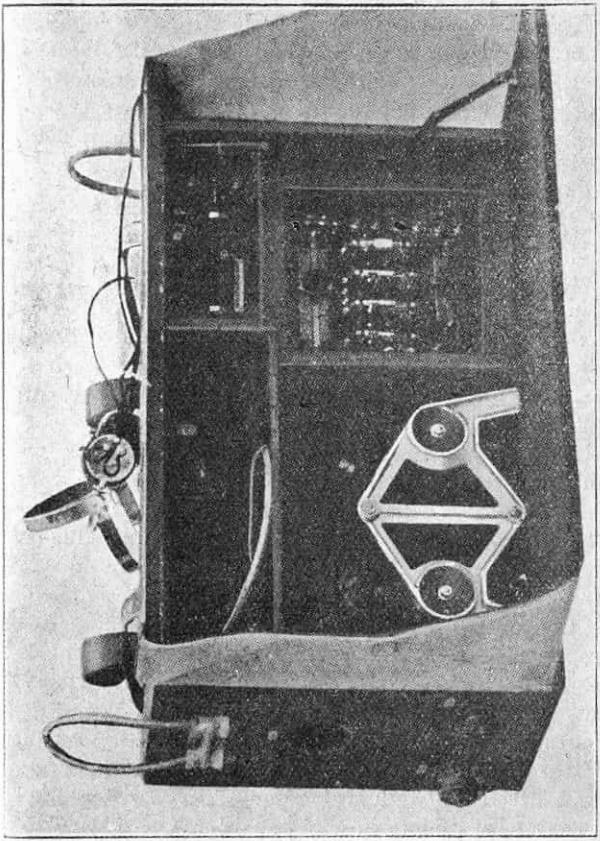


Fig. 171.

corrente da 100 a 10000 volts. L'energia viene quindi rettificata da una prima valvola Fleening e poscia immessa in una seconda valvola generatrice inserita nel circuito d'oscillazione. Un secondo trasformatore è compreso nel cofano e serve a ridurre la corrente ad 8 o 10 volts per erogarla al filamento della valvola Fleeming mentre un terzo trasformatore la eroga al filamento della valvola generatrice.

Un apposito commutatore permette di passare dalla trasmissione al ricevimento.

Gli organi del ricevimento sono racchiusi in un terzo cofano (fig. 171). Le correnti in arrivo all'aereo vengono amplificate da una serie di audions il cui filamento è reso incandescente da una piccola batteria di quattro accumulatori mentre il circuito di alta tensione (filamento-placca) è servito dalla corrente di una seconda batteria di 20 volts. Gli accumulatori vengono caricati dalla dinamo che è visibile alla destra della fig. 169, dinamo che, al momento opportuno, può essere accoppiata mediante cinghia al motore a petrolio in luogo dell'alternatore ad alta frequenza.

Con queste disposizioni sono state fatte numerose esperienze di comunicazione radiotelefonica fra la Casa Marconi a Londra e parecchie località vicine; tutte queste esperienze furono coronate dal più brillante successo. La fig. 172 mostra un *omnibus* da città nel quale, mesi or sono, presero posto i rappresentanti della stampa londinese per assistere agli esperimenti radiotelegrafici col sistema anzidescritto. L'*omnibus* conteneva tutti gli elementi della trasmissione e ricezione; l'aereo era montato sopra un doppio telaio disposto sui fianchi della vettura.

La fig. 173 mostra l'interno dell'*omnibus* durante

Fig. 172.

la ricezione di un « pezzo » di grammofono fatto suonare ad oltre 20 miglia di distanza.

La fig. 174 mostra il complesso dell'impianto mentre funziona in un ufficio alla Casa Marconi.

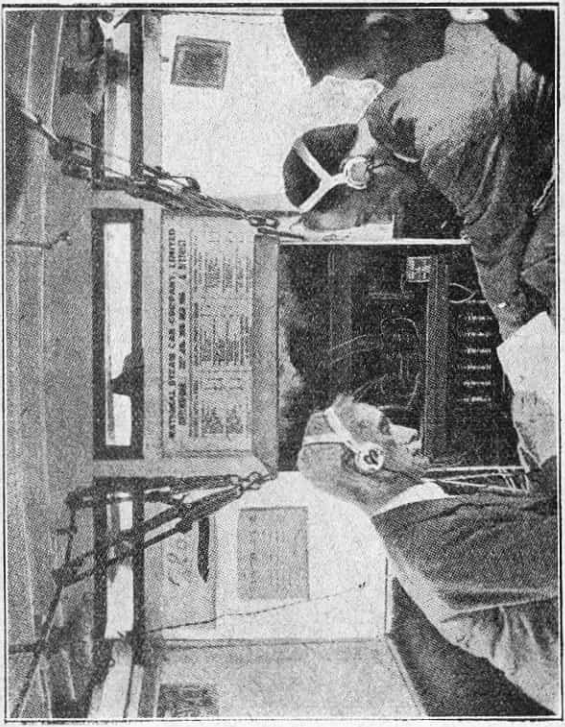


Fig. 173.

52. In questi ultimi tempi l'applicazione della Telefonia senza filo agli aereoplani e dirigibili ha

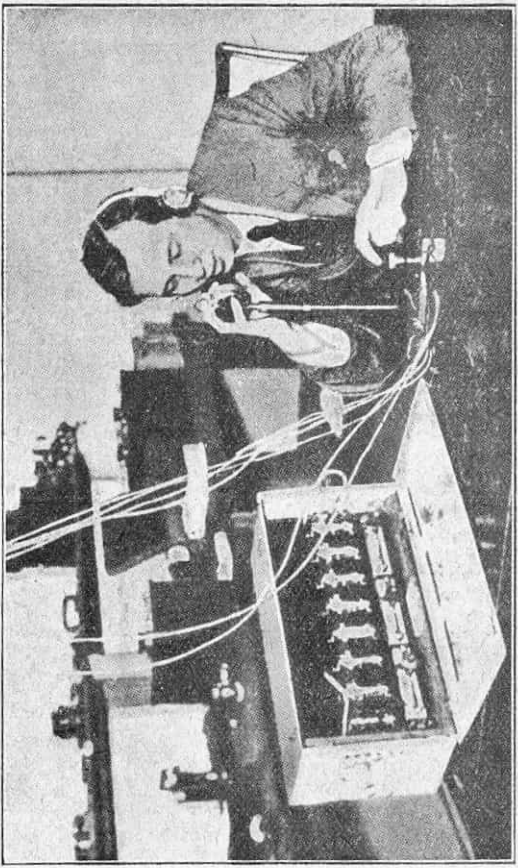


Fig. 174.

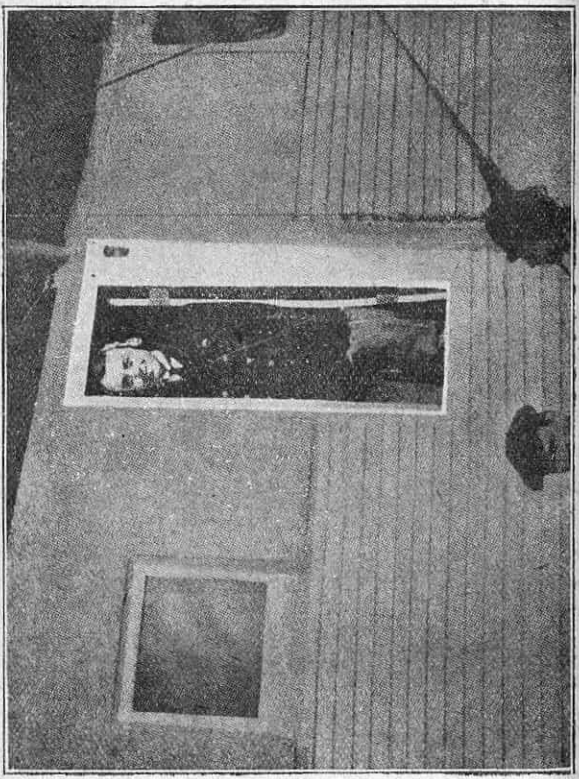


Fig. 175.

ricevuto un novello impulso. Secondo l'Electrical Review, nello scorso Marzo, il ministro della Marina Americana signor Daniels ha tenuto una conversazione radiotelefonica col pilota di un aereoplano che volava da Washington ad Hampton Roard. La comunicazione si è svolta regolarmente ad una distanza di circa 240 chilometri. La fig. 175 mostra la cabina radiotelefonica di un dirigibile americano.

CAPITOLO XI

ALTRI SISTEMI RADIOTELEFONICI MODERNAMENTE APPLICATI.

53. Il dottor Lee de Forest ha notevolmente contribuito agli studi della radiotelefonia: la Compagnia che da lui prende il nome è proprietaria di numerosi brevetti in tutti gli Stati ed ha introdotto nella tecnica e nella pratica commerciale numerosi apparecchi. Originariamente il De Forest si è servito di archi Poulsen combinandoli in varie guise per ottenere impianti di piccola mole e di facile trasporto, adattabili specialmente ai servizi di bordo e militari campali: or non ha molto il De Forest ha rinunziato definitivamente agli archi ed è ricorso all'impiego di esploditori in aria libera costituiti da scudetti paralleli di tungsteno, affacciati a piccolissima ma regolabile distanza l'uno dall'altro.

La fig. 176 mostra lo schema dei circuiti di uno dei recenti dispositivi De Forest. Il generatore di energia è una dinamo a corrente continua di elevato voltaggio la quale alimenta l'esploditore attraverso una resistenza e una selfinduzione regolabili. Il circuito oscillante è costituito nel solito modo e il mi-

crofono modulatore è del tipo ordinario, inserito tra l'aereo e la terra. Per impedire l'eccessivo riscaldamento dei granuli di carbone del microfono questo viene raffreddato da un soffiatore d'aria. Il complesso trasmettitore è riunito in un piccolo cofano di legno, rappresentato dalla fig. 177. Sulla parte anteriore del cofanetto è stabilito il microfono, a braccio snodabile, un amperometro e il commutatore che permette di passare dalla trasmissione alla ricezione. Sopra uno dei fianchi sono fissati i serrafili per l'attacco dell'aereo e la presa di terra oltre alle impugnature di ebanite per la regolazione dell'esploditore della selfinduzione e della resistenza. La piccola dinamo raffigurata da un lato è di 600 volts; essa viene azionata da un motorino della potenza di 200 watt. La distanza di comunicazione realizzata con questo

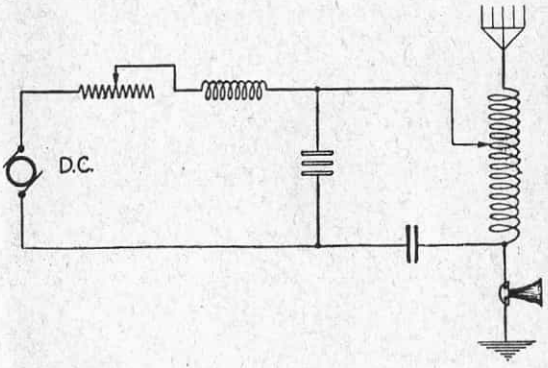


Fig. 176.

dispositivo è dai 10 ai 25 chilometri con una lunghezza d'onda dai 400 ai 1000 metri. Le esperienze fatte dall'esercito americano hanno dato ottimi risultati. Attualmente, questo piccolo complesso è utilizzato a bordo di parecchi rimorchiatori che fanno servizio dei porti.

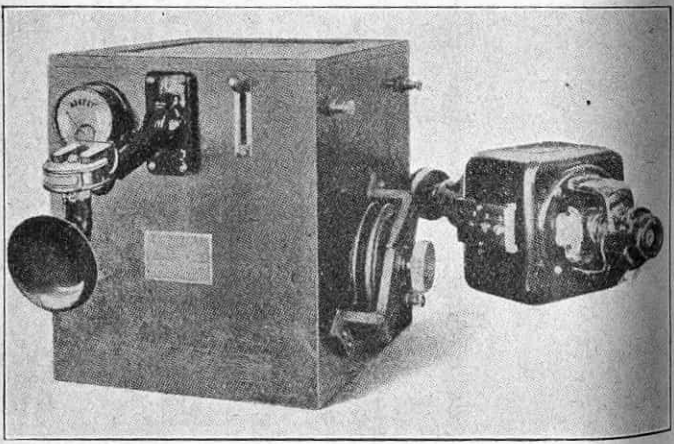


Fig. 177.

Un altro tipo di Radiofono portatile della Compagnia De Forest è quello rappresentato dalla figura 178. L'apparecchio è montato sopra un treppiede di legno e comprende tutti gli elementi della emissione e della ricezione. L'esploditore è a dischi di tungsteno in aria libera raggruppati in due sezioni congiunte *in serie;* i microfoni sono due, *in quantità,*

ma con padiglione unico. Un apposito commutatore permette l'esclusione del microfono e l'inclusione di un tasto visibile, nella figura, sul coperchio del cofano più alto — il quale serve per l'emissione di se-

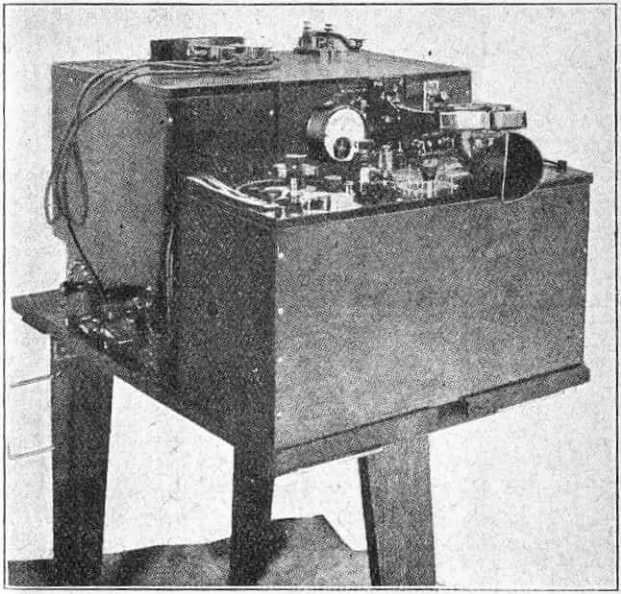


Fig. 178.

gnali musicali di chiamata ed eventualmente per la trasmissione radiotelegrafica.

Sui coperchi e sui fianchi del cofano sono disposti gli attacchi per la cuffia, l'aereo e la terra; un am-

perometro e le impugnature per la regolazione dei condensatori, delle self e potenziometri che si trovano all'interno, oltrechè dei dischi dell'esploditore. Il complesso ricevitore è costituito da uno dei soliti dispositivi radiotelegrafici con un detector elettrolitico ed uno a *carbourundum*. L'apparecchio è fa-

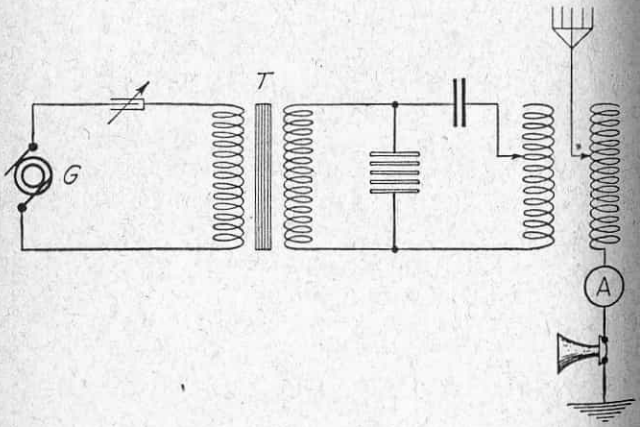


Fig. 179.

cilmente trasportabile, dato il suo peso minimo e il montaggio solido e poco ingombrante: è in uso, anche attualmente, nell'Esercito e nell'Armata americana ma lo si va man mano sostituendo a causa della scarsa sensibilità e dello scarso rendimento dei *detectors*.

Un'altra disposizione realizzata dalla Compagnia De-Forest è quella indicata dalla fig. 179 la quale

permette di utilizzare le correnti alternate. Queste vengono generate da un alternatore *G* a 3000 cicli e vanno ad un condensatore della capacità di 8 microfarad ed al primario di un trasformatore statico *T* il quale ne eléva il potenziale da 100 a 5000 volts. L'esploditore è del solito tipo De Forest e il circuito oscillante trovasi in accoppiamento induttivo coll'aereo attraverso i soliti elementi di regolazione. *A* è un amperometro. Il microfono è duplice, con unico padiglione, senza raffreddamento. Si è trovato molto utile l'accordo a 3000 cicli quantunque detta frequenza interferisca dannosamente colla frequenza microfonica colla quale si mescola alla ricezione.

Questa disposizione è stata applicata dalla compagnia De-Forest al servizio ferroviario per le comunicazioni coi treni in moto. Con la potenza di 1 chilowatt si è ottenuta una regolare comunicazione fra i treni viaggianti sulla linea Delaware, Lchawanna, e la stazione di Seranton della Western Railroad mentre la velocità dei treni era di 85 chilometri all'ora.

In altre applicazioni le distanze medie ottenute per una chiara e regolare corrispondenza furono le seguenti: Con 2 Kw. usando un aereo di 30 metri di altezza e 50 di lunghezza 160 chilometri su mare e 120 su terra; con un albero alto 13 metri le distanze ora dette diminuiscono di circa un terzo. Con 5 Kw. e un aereo di 60 metri di lunghezza e 30 di altezza le distanze arrivano a 640 chilometri su mare e 480 su terra. Le distanze su terra diminuiscono di un quarto circa se il suolo è montagnoso o denso di caseggiati.

Più recentemente la Compagnia De Forest si è dedicata alla costruzione di trasmettitori che uti-

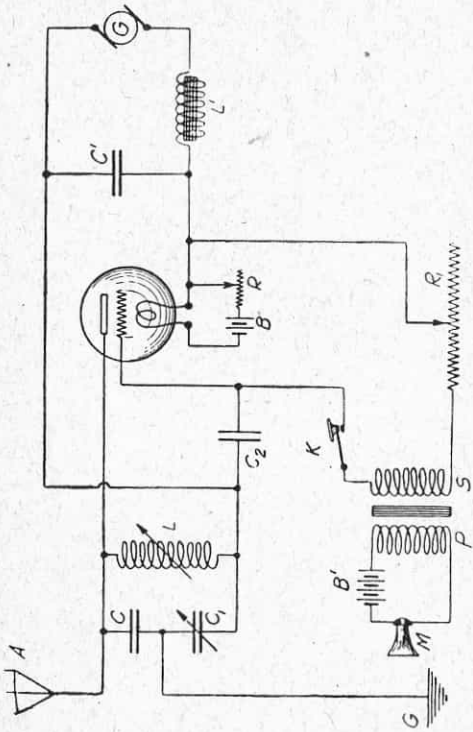


Fig. 180.

lizzano i tubi a vuoto. Una delle disposizioni ultimamente introdotte nell'uso è quella rappresentata dalla fig. 180 e ideata da Ur. C. V. Logwood. *G* è una

dinamo generatrice di corrente continua ad elevato voltaggio (1200 a 1500 volts) collegata in serie con la self *l'* provvista di nucleo di ferro, e con il condensatore *C'*. Le oscillazioni sono generate da una

Fig. 181.

valvola a tre elettrodi del tipo « ultraaudion » il cui filamento è servito da una batteria *B* regolata dal potenziometro *R*. Il circuito di placca attraversa le due capacità *C* e *C'* in mezzo alle quali è derivata la presa di terra *G*. *L* è un'autoinduzione regolabile

per l'accordo. Il microfono modulatore *M*, servito dalla batteria *B'*, attraverso al trasformatore-elevatore *P S* influenza il circuito di griglia: Un tasto *K* serve per le chiamate e per eventuali trasmissioni radiotelegrafiche.

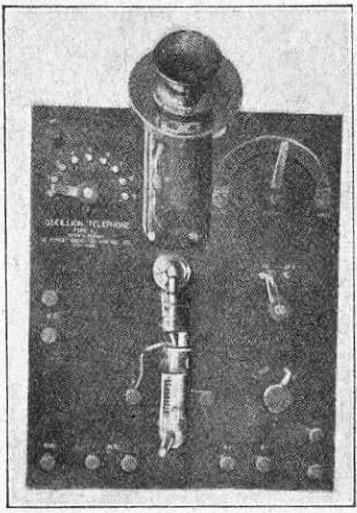


Fig. 182.

L'ultraaudion usato dalla De Forest viene chiamato « oscillion » e può controllare un'energia di circa 0.25 kilowatts rendendo un'elevatissima frequenza a funzionamento costante. La fig. 181 mostra un tipo di *oscillion* della De Forest montato sopra un sopporto da laboratorio. La fig. 182 ne mostra un altro

tipo per impianti trasmettitori di piccola potenza,

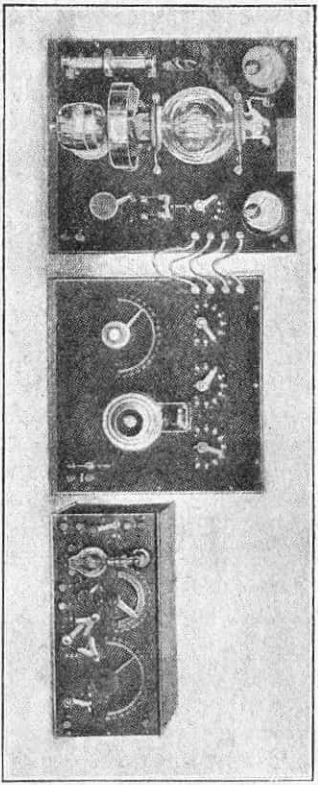


Fig. 183.

con sovrastante microfono e manovelle per apparecchi di selfinduzione e capacità regolabili. La fig. 183

mostra un complesso di trasmissione e ricezione impiegato per le comunicazioni a distanze non superiori ai 65 chilometri usando un albero alto 60 metri ed un aereo lungo ottanta. Il generatore usato con questo complesso è una dinamo di 100 watts a 1000 volts. L'oscillion ha il filamento di tungsteno, la griglia di filo di tungsteno sopra un sopporto di vetro e due placche di nikel. Detto oscillion è visibile, nella figura, al centro del quadro di sinistra il quale comprende un amperometro e un voltametro, una valvola di spia, un interruttore, un commutatore, una resistenza. Il quadro di centro comprende il microfono, il potenziometro, un interruttore, due sefl e una capacità regolabili. Il quadro di sinistra comprende gli apparecchi della ricezione: un audion, gli elementi dell'accordo, e la cuffia ricettrice.

Un apparecchio estremamente interessante, destinato alle comunicazioni radiofoniche da e per gli aereoplani è quella visibile nella fig. 184. Il generatore dell'energia è costituito da un propulsore ad aria, con dispositivo di regolazione automatica della velocità, il quale aziona una piccola dinamo durante la marcia dell'aereoplano sfruttando la spinta dell'aria sull'elica. L'oscillion è contenuto in una scatola di protezione sospesa mediante giunti elastici all'armatura della carlinga in modo da evitare scosse e vibrazioni dannose.

Sono ben visibili nella figura gli strumenti di misura, le manovelle di regolazione degli elementi di accordo sintonico. Sul fianco destro, in alto, del quadro dell'oscillion vedesi il piccolo tasto per i segnali di chiamata. I fili conduttori sono contenuti entro nastri

isolanti. Gli apparecchi di ricezione sono contenuti in un piccolo cofano separato. In basso della figura è visibile il microfono smontato. Il circuito di placca

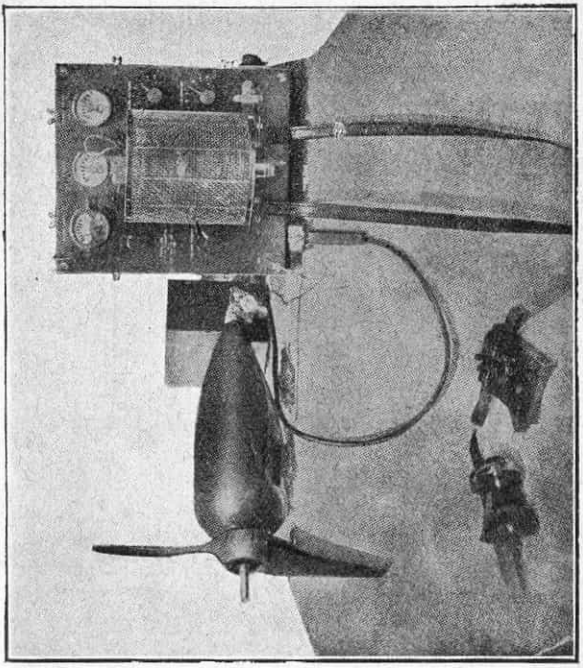


Fig. 184.

dell'oscillion è servito da una corrente di 1.5 chilowatts, a 1500 volts.

Con questo complesso si può raggiungere in adatte

condizioni, una distanza di 640 chilometri per comunicazioni radiotelefoniche e di circa 100 chilometri per comunicazioni radiotelegrafiche.

54. I sistemi ricettivi della De-Forest sono varii. Quello indicato dalla fig. 185 è del tipo per *ultra-audion:* in esso la cuffia T e la batteria B sono montate sopra un condensatore C'' e fanno capo al

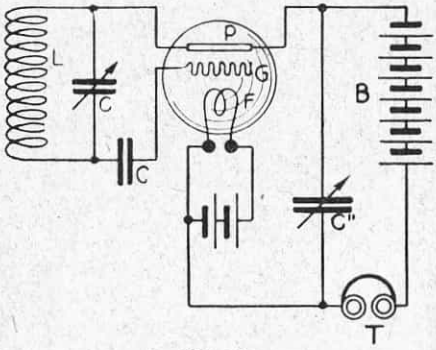


Fig. 185.

circuito della placca P mentre la griglia G e la stessa placca sono incluse nel circuito oscillante $L\,C\,C$. Il piccolo condensatore C' è ordinariamente montato sopra una resistenza avente lo scopo di prevenire l'accumulazione di un'eccessiva carica negativa sulla griglia e una conseguente limitazione della corrente di placca.

La realizzazione tecnica dei ricevitori De Forest ad audion ed ultraudion è mostrata dalle fig. 186 e 187. Nel tipo della fig. 186 tutti gli elementi sono rac-

chiusi in un cofanetto di legno a pareti facilmente amovibili; sul lato anteriore sono stabilite tutte le

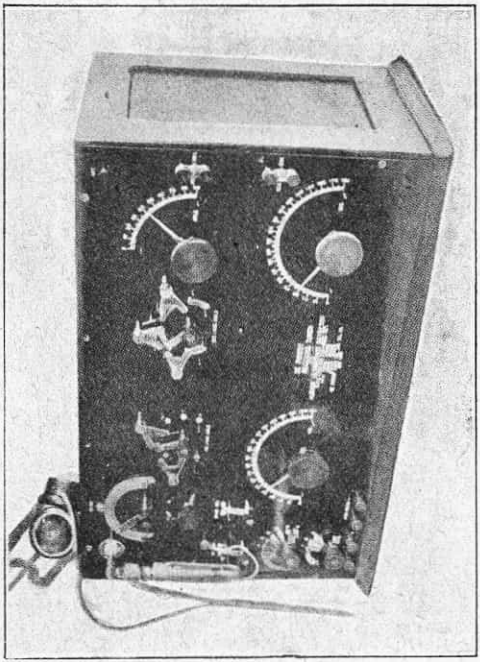


Fig. 186.

manovelle per la regolazione delle selfinduzioni, capacità, potenziometri, ecc.

Il tipo della fig. 187 è pure costituito da un cofano con parete anteriore e posteriore amovibile. Sopra uno dei fianchi sono montati gli audions in numero di

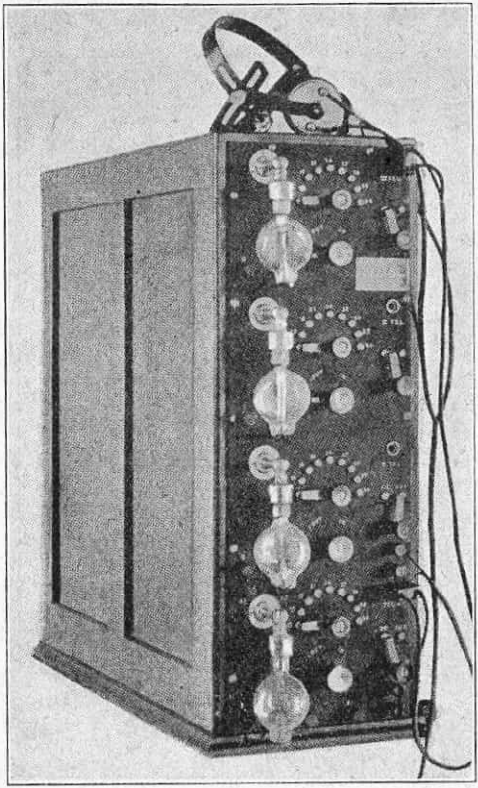


Fig. 187.

quattro: uno per la rivelazione e gli altri tre per l'amplificazione dei segnali.

55. In questi ultimi tempi, l'Ingegner Capo della Compagnia Marconi Americana, Roy A. Weagant, ha compiuto interessanti studi e ricerche sugli audions ed è pervenuto alla invenzione di una nuova valvola che apporta notevoli perfezionamenti ai tipi precedenti.

Tale nuovo tipo di valvola è illustrato nelle fig. 188 e 189. Una piastra *P* ed un filamento *F* sono chiusi

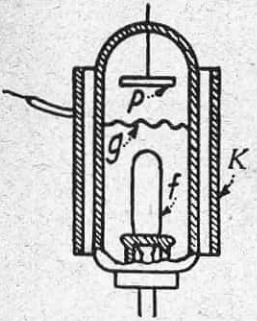


Fig. 188.

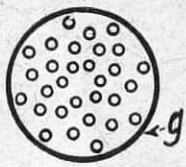


Fig. 189.

in un tubo in cui è stato praticato il vuoto; esternamente al tubo è montato un elemento metallico elettrostatico *K*, detto elettrodo di controllo posto parallelamente alla direzione della corrente degli elettroni nell'interno del tubo. Una delle caratteristiche principali della vavola è l'elettrodo di controllo *K* posto in modo che il suo campo d'azione agisca ad angolo retto rispetto alla corrente elettronica, condizione indispensabile, questa, affinchè la valvola possa funzionare.

Dei fattori importanti i quali contribuiscono alla

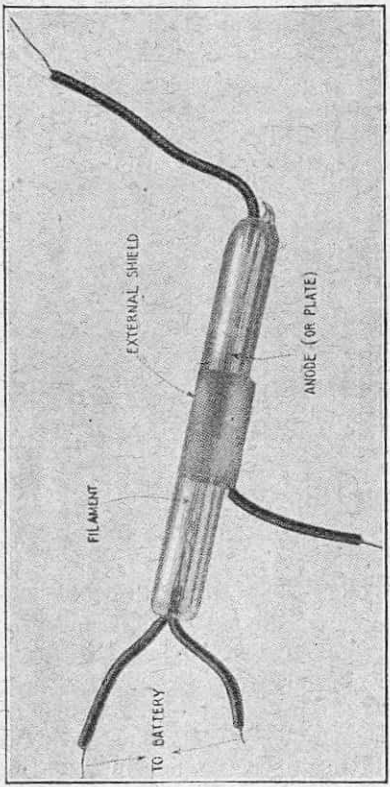


Fig. 190.

regolarità e costanza del funzionamento, sono anche la distanza che intercede tra la lastra ed il filamento

e la qualità del materiale adoperato per la loro costruzione. La fig. 190 mostra un tipo di valvola per esperimenti in cui la piastra *P* è sostituita da una speciale punta metallica. In pratica l'elemento esterno può essere fissato al vetro, ma ciò non è assolutamente necessario. Questo tubo ha dimostrato delle caratteristiche speciali di funzionamento; prima fra tutte la maggiore regolarità e sensibilità rispetto ad ogni

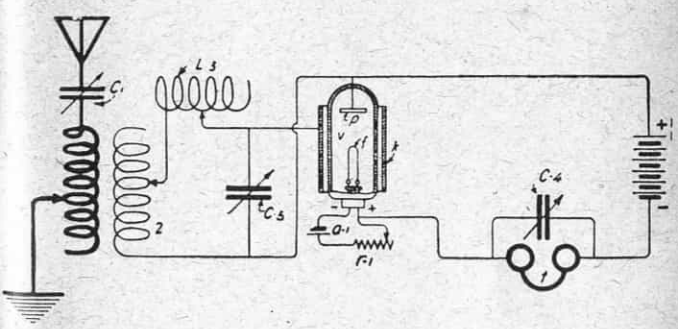


Fig. 191.

altro tipo di valvola. Esso può essere impiegato in qualsiasi dei ben noti circuiti amplificatori multipli per la ricezione sia di onde smorzate sia di onde continue. La fig. 191 illustra l'applicazione del tubo in un circuito semplice, in cui il filamento *F* è acceso per mezzo della batteria *A I* e la corrente è regolata dal reostato *F I*. Il circuito della piastra include la batteria ed il telefono *T*, sul quale è derivato un condensatore variabile *C*-4. Il trasformatore di ricezione è rappresentato dall'avvolgimento primario *I* e da

quello secondario 2 insieme all'induttanza *L*-3, ed al condensatore derivato *C*-5.

Oltre ai circuiti generalmente usati con le valvole a tre elettrodi, il signor Weagant ha ideato dei circuiti speciali. Il circuito indicato nella fig. 191 può essere adoperato per la produzione di gruppi di oscillazione con frequenze al disopra o al disotto della percezione uditiva e quindi può essere impie-

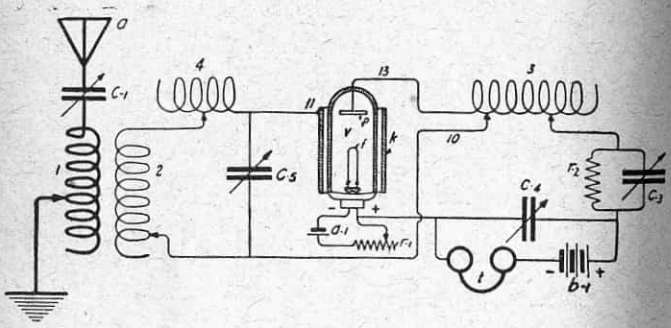


Fig. 192.

gato per la ricezione radiotelegrafica col metodo dei battimenti. Nel circuito indicato nella fig. 191 il vuoto del tubo è tale da permettere la ionizzazione quando fra la lastra ed il filamento si applichi una tensione di 100 volt o meno. Negli ultimi tipi di circuiti è stato preferito un vuoto molto più spinto. Nella figura 192 è indicata un'importante innovazione costituita da una resistenza inserita nel circuito della piastra *F*-2 e sulla quale è derivato un condensatore variabile *C*-3. Questa resistenza, quando sia dello

stesso ordine della resistenza interna del tubo permette all'operatore di ottenere una regolazione tale che i più piccoli impulsi elettrici sul tubo producano un notevole aumento di corrente attraverso al telefono *T*.

Questa resistenza contribuisce efficacemente, nei tubi a basso vuoto, ad ottenere l'interruzione automatica della corrente della piastra e quindi la produzione di gruppi di oscillazioni.

L'induttanza 3 nella fig. 192 amplifica considerevolmente i segnali ricevuti e permette di regolare la frequenza del circuito della piastra in modo che corrisponda perfettamente a quella del circuito secondario della griglia. Connessa in tal modo, la valvola genera oscillazioni sinusoidali indipendentemente dalla ionizzazione e quindi nel tubo si può spingere grandemente il vuoto; il che è di grande vantaggio; poichè più il vuoto è perfetto più soddisfacenti sono i risultati che si ottengono. Quando si fa uso dell'apparecchio indicato negli uniti schemi per la ricezione di segnali a scintilla i circuiti sono regolati esattamente sull'oscillazione; ma per onde continue, l'oscillazione dei circuiti stessi si regola su frequenze leggermente differenti da quella dei segnali ricevuti, in modo da ottenere i battimenti.

Sono già state costruite delle valvole di tale tipo per la produzione di correnti da 50 Watt, le quali hanno dato ottimi risultati. Batterie di tali valvole connesse in parallelo si sono dimostrate assai efficienti con qualunque dei circuiti usati sinora per l'amplificazione a cascata e possono anche essere convenientemente impiegate con l'elettrodo di controllo esterno.

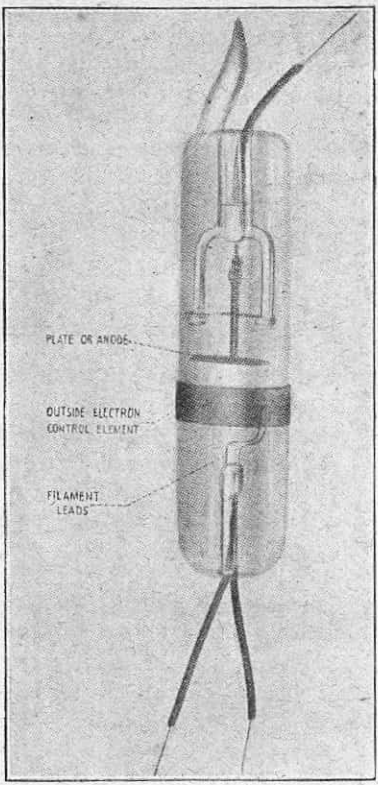


Fig. 193.

Le fig. 193 e 194 mostrano due tipi di valvole Weagant generatrici: la prima con elemento esterno

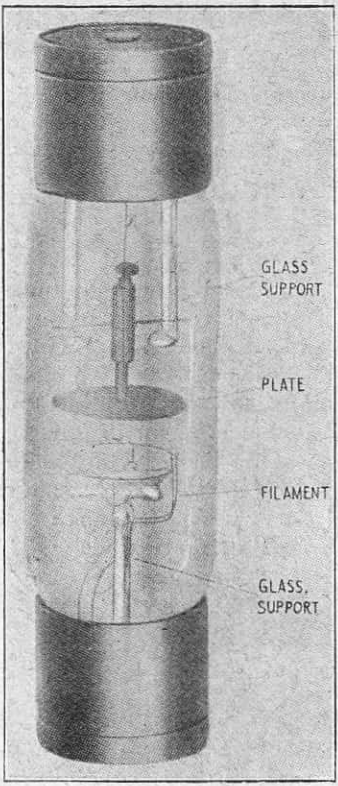


Fig. 194.

di controllo elettronico, la seconda con doppio elemento esterno di controllo elettrostatico ed amovibile.

Il brevetto della valvola Weagant fu presentato nell'aprile del 1915 e fu rilasciato il 31 dicembre 1918. Prima di presentare la domanda di brevetto, furono eseguiti numerosi esperimenti e quindi l'invenzione del Sig. Weagant è anteriore agli esperimenti eseguiti da altri studiosi in questo speciale ramo di radiotelegrafia.

In questi ultimissimi tempi gli studi della radiotelefonia hanno assunto uno sviluppo sempre maggiore, specie in Germania e in America.

Io prevedo facilmente che la telefonia senza filo entrerà al più presto nella pratica comune in tutto il mondo civile e che, in moltissimi casi, sostituirà vantaggiosamente la telegrafia sottomarina e la telegrafia senza filo. Quanto alla telefonia sui cavi essa è destinata con certezza a scomparire del tutto per cedere il posto alla radiotelefonia.

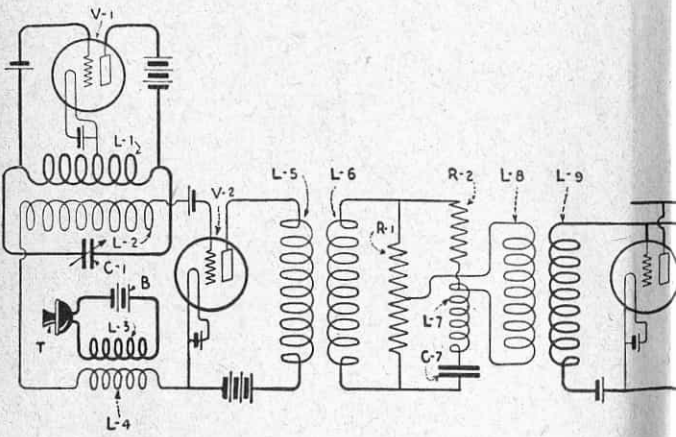
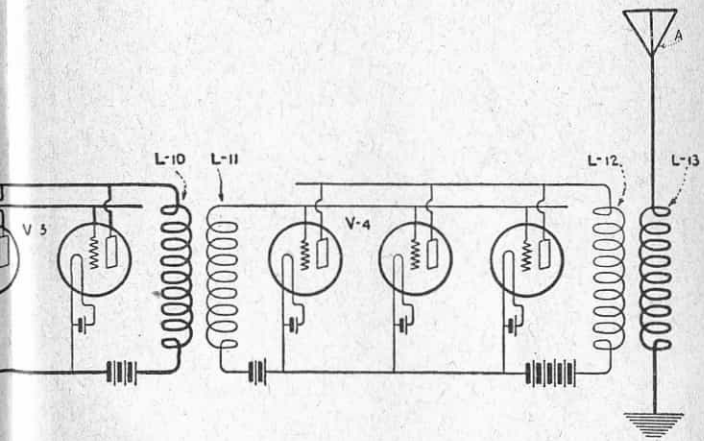


TAVOLA I. — *Sistema radiotelefonico con tubi a V a tre elettrodi.* In questo sis
tensione nel trasformatore *L-1 L-2* e viene quindi modulata dal microfono T
L-7, *L-8*, *L-9* la corrente di frequenza microfonica passa ad una seconda amplifica



sistema la corrente generata dal tubo *V-1* subisce una prima amplificazione di
T accoppiato induttivamente al tubo *V-2*. Attraverso i sistemi oscillanti *L-5*, *L-6*,
cazione in *V-3* e ad una terza amplificazione in *V-4* per essere poscia erogata all'aereo.

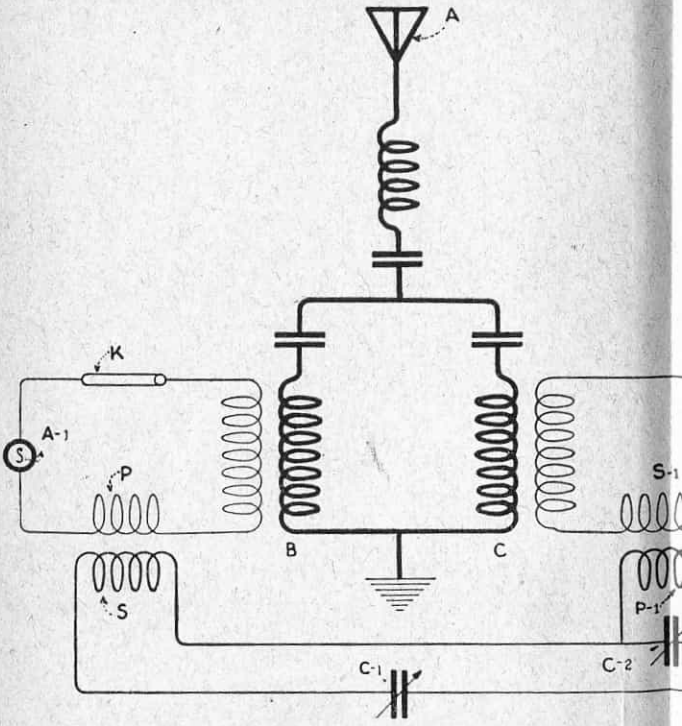
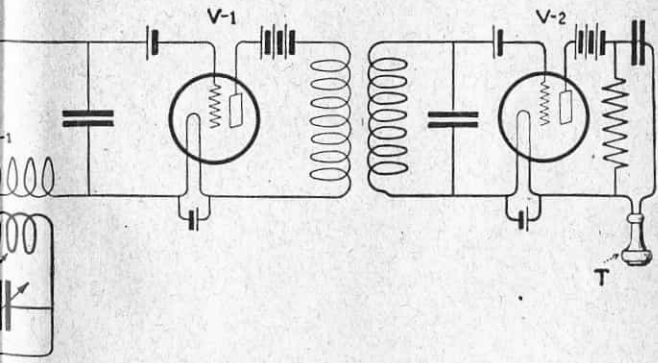


TAVOLA II. — *Sistema Espenschied per la trasmissione e ricezione simultanea in* piato col generatore di onde persistenti *A-1*; *C* è accoppiato al telefono ric plesso *P*, *S*, *C-1*, *C-2*, *P-1*, *S-1* rimanda in *B* le oscillazioni di emissione ch



in radiotelefonia. L'aereo si biforca in due sistemi oscillanti *B* e *C*; *B* è accop-
icevitore *T* attraverso il sistema rivelatore-amplificatore *V-1 V-2* mentre il com-
che per la loro eccessiva intensità potrebbero danneggiare i circuiti induttori

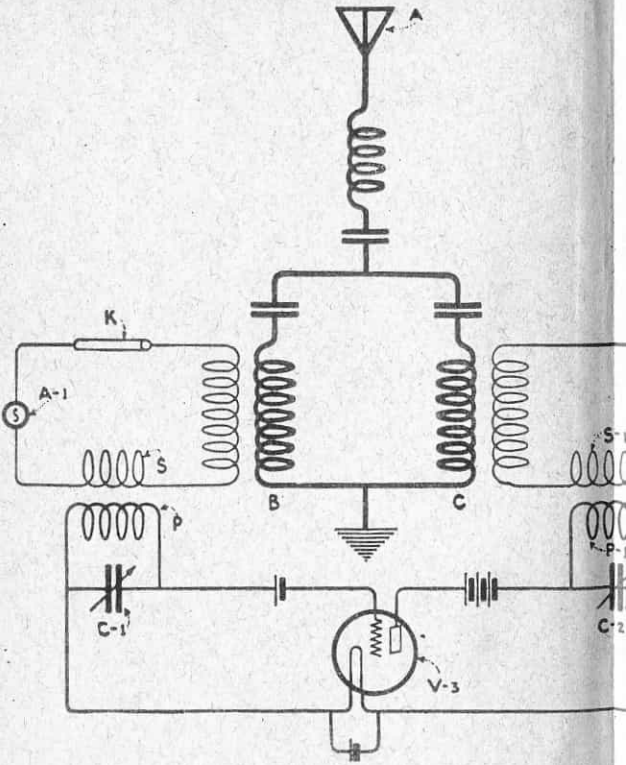
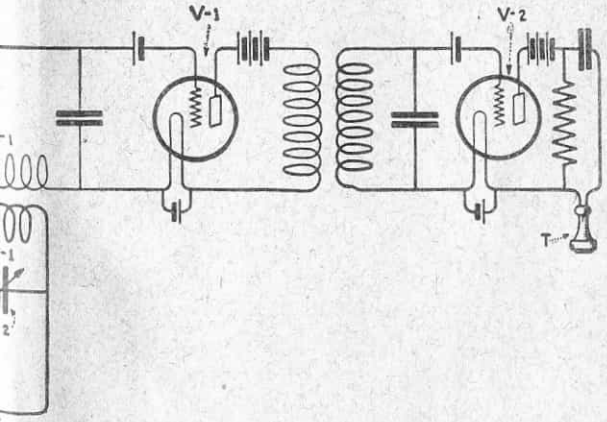


TAVOLA III. — Lo stesso sistema di cui alla



Tav. 2 modificato coll'aggiunta del tubo *V-3*.

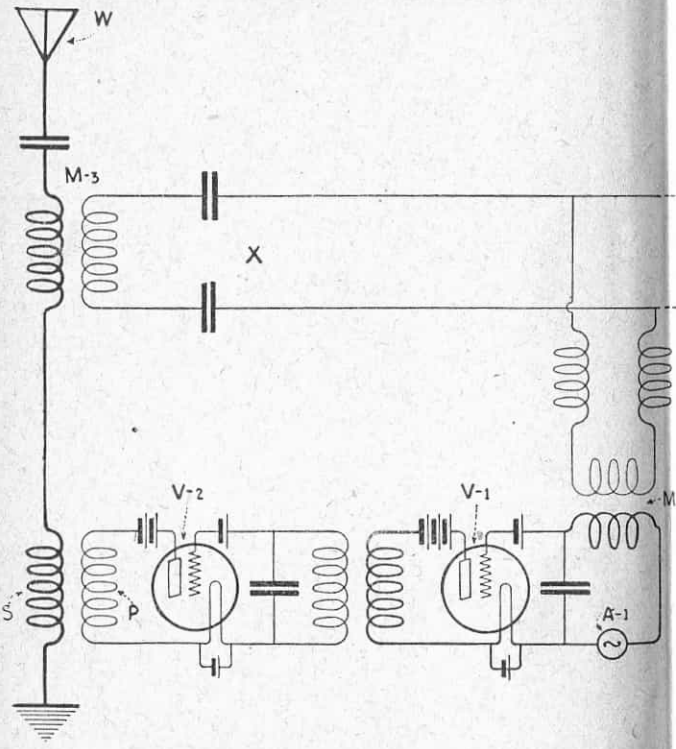
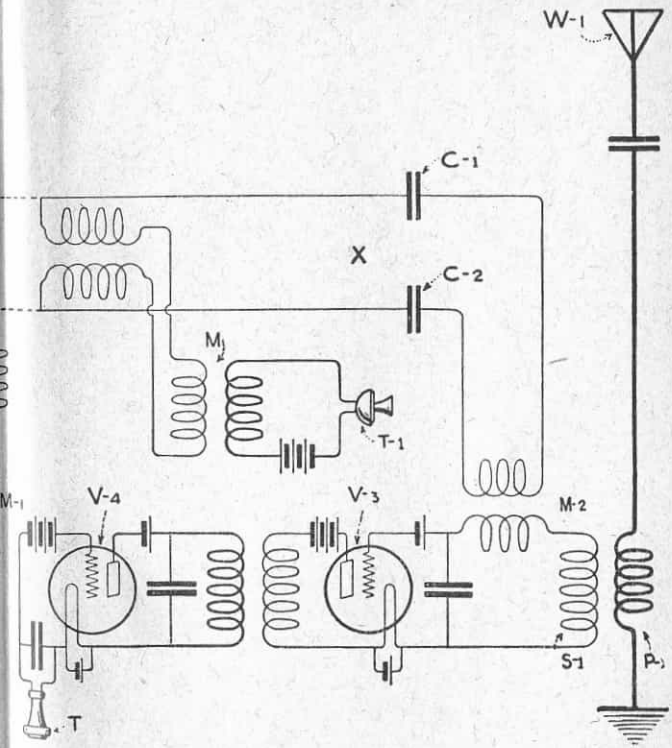


TAVOLA IV. — Sistema Espenschied per la trasmissione e



e ricezione simultanea in telefonia senza fili, con due aerei.

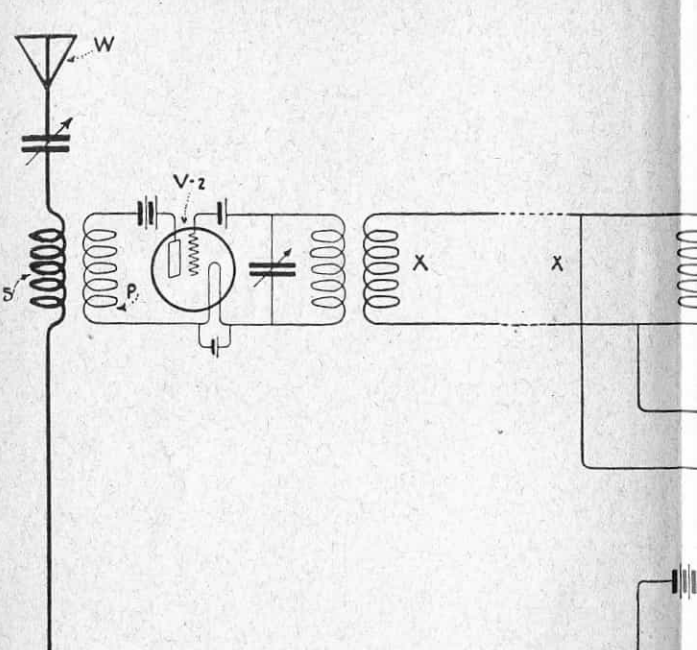
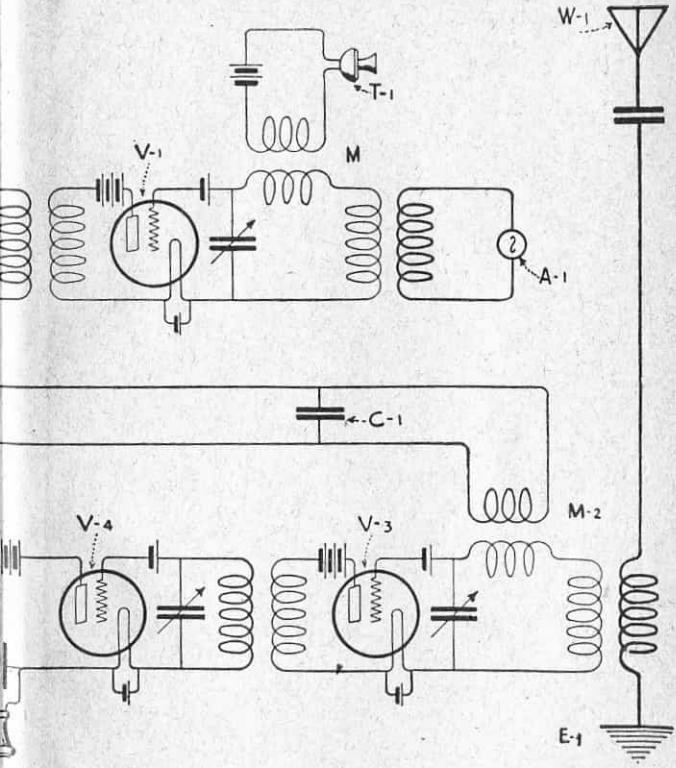


TAVOLA V. — Altro sistema per la trasmissi



ssione e ricezione simultanea con due aerei.

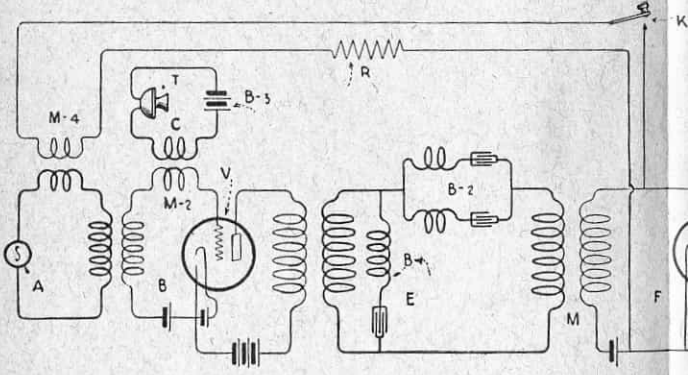
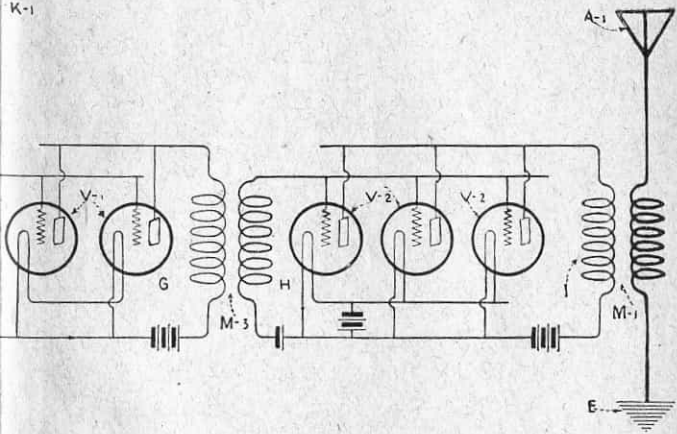


TAVOLA VI. — Sistema Englund per la trasmissione si



simultanea di segnali radiotelegrafici e radiotelefonici.

LEGATORIA SOCIALE - MILANO